체외순환적용시
비박동성 관류법과 박동성 관류법간의
혈류역학과 신장기능비교

- 관상동맥우회술 환자를 대상으로 -

연세대학교 대학원

간 호 학 과

이 현 화

체외순환적용시
비박동성 관류법과 박동성관류법간의
혈류역학과 신장기능 비교

- 관상동맥우회술 환자를 대상으로 -

지도 황 애 란 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2000년 6월 일

연세대학교 대학원

간 호 학 과

이 현 화

이현화의 석사 학위논문을 인준함

심사위원_____인

심사위원_____인

심사위원_____인

연세대학교 대학원

2000년 6월 일

감사의 글

대학원을 진학하고자 생각한 순간부터 논문이 완성되기까지 많은 어려움과 감사의 시간이었습니다. 매 순간마다 포기하지 않도록 용기를 주신 하느님께 먼저 감사드리며 저의 곁에서 격려해주시고 걱정해주시며 이끌어주신 모든 분들께 감사의 마음을 전합니다.

논문이 완성되기까지 저의 부족한 면을 따뜻한 사랑과 격려로 감싸 안아주시며 연구를 진행할 수 있도록 많은 가르침과 세심한 지도를 해주신 황애란 교수님께 깊은 존경과 감사의 뜻을 전합니다.

그리고 논문의 작은 부분까지도 놓치지 않고 자상하게 지도해주시고 따뜻한 사랑과 관심으로 논문을 진행하도록 격려해주신 김소선 교수님과 논문주제 선정부터 논문이 완성되기까지 옆에서 지켜봐 주시고 많은 가르침을 주신 홍용우 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

대학원 첫 수업을 통해 간호에 대해 진지하게 생각할 계기를 주시고 늘 관심을 가져주신 이원희 교수님과 저의 건강을 걱정해주신 유지수 교수님께 감사의 뜻을 전합니다.

간호대학 입학에서 지금까지 변함없는 사랑과 격려를 주는 저의 든든한 후원자인 경희, 수진, 은선, 지영, 춘자에게 감사의 마음을 전합니다. 대학원 과정동안 함께했던 이창관 선생님, 승미, 명실, 제희, 연수, 선희, 은경이에게 또한 감사를 전합니다. 연구를 진행할 수 있도록 많은 관심과 도움을 주신 흉부외과 선생님들과 마취과 선생님들, 심혈관 연구소 정광회 교수님께 감사의 마음을 전하며, 대학원 과정동안 옆에서 격려해준 수술방 식구들 특별히 심폐기실의 모든 식구들에게 감사를 드립니다.

늘 곁에서 딸의 모습을 믿음으로 지켜봐 주시며 힘들어할 때 가장 안타까와 하시며 걱정하신 부모님께 깊은 사랑과 감사의 마음을 드리며 사랑스런 동생 일형이에게도 고마움을 전합니다. 여러모로 부족한 딸을 언제나 믿어주시는 사랑하는 부모님께 이 논문을 바칩니다.

2000년 7월 이 현화.

차 례

차 례 i
표 차 례 iii
그림차례 iii
국문요약 iv

Ⅰ. 서론 1
A. 연구의 필요성 1
B. 연구 문제 4
C. 용어의 정의 4

Ⅱ. 문헌고찰 7
A. 비박동성 관류법과 박동성 관류법 7
B. 박동성 관류법과 혈류역학적 변화 12
C. 박동성 관류법과 신장기능의 변화 14

Ⅲ. 연구방법 17
A. 연구설계 17
B. 연구대상 17
C. 자료수집방법 18
D. 자료처리 및 분석방법 20
E. 연구의 제한점 21

Ⅳ. 연구결과 22
A. 대상자의 일반적 특성과 수술관련 특성 22
B. 비박동성 관류법과 박동성 관류법의 특성 23
C. 비박동성 관류법과 박동성 관류법에서의 혈류역학 변화 24
D. 비박동성 관류법과 박동성 관류법에서의 신장기능 변화 35

Ⅴ. 논의 41
A. 관류법에 따른 혈류역학 41
B. 관류법에 따른 신장기능 49

Ⅵ. 결론 및 제언 53

참고문헌 55
영문요약 64

표 차 례

표 1. 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 일반적 특성과 수술관련 특성 22
표 2. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 평균동맥압 24
표 3. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 평균동맥압 25
표 4. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 말초혈관저항 26
표 5. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 말초혈관저항 27
표 6. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈장에피네피린 28
표 7. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈장에피네피린 29
표 8. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의
혈장노어에피네피린 30
표 9. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈장노어에피네피린 31
표 10. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈관이완제 사용량 32
표 11. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 심박출지수 33
표 12. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 심박출지수 34
표 13. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 소변배출량 35
표 14. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 소변배출량 36
표 15. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈청BUN 37
표 16. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈청BUN 38
표 17. 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈청크레아티닌 39
표 18. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈청크레아티닌 40

그림 차례

그림 1. 체외순환 60분 경과후의 비박동성 관류와
박동성 관류시 혈압변화양상 23

국문요약

체외순환적용시 비박동성 관류법과 박동성 관류법간의 혈류역학과 신장기능 비교

-관상동맥우회술 환자를 대상으로-

본 연구는 관상동맥우회술 환자의 체외순환시 적용되는 비박동성 관류법과 박동성 관류법간의 혈류역학과 신장기능을 비교하기 위한 유사실험연구로 비동등성 대조군 전후 시차 설계이다.

연구의 대상은 서울시에 소재한 일 대학 병원에서 2000년 3월 30일에서 2000년 5월 30일까지 관상동맥우회술을 받은 성인 환자들중에서 선정기준에 적합한 사람을 대상으로 짝집기표집을 이용하여 선정한 비박동성 관류군 10명과 박동성 관류군 10명이었다.

자료수집방법은 혈류역학의 지표로 평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민(에피네피린, 노어에피네피린), 혈관이완제 사용량과 심박출지수이었고 마취전, 마취유도후, 대동맥 차단직후, 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후, 중환자실 도착직후, 술후 1일에 측정하였다. 신장기능으로 체외순환전, 체외순환 동안, 체외순환후, 술후 1일에 소변 배출량, 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌을 측정하였다. 자료분석은 SPSS를 이용하여 전산처리하였으며 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 평균동맥압은 대동맥 차단직후 두 군 모두 의미하게 감소하였으며 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후와 중환자실 도착직후에 점진적으로 증가하였다. 술후 1일에 두 군 모두에서 평균동맥압이 의미있게 감소하였다. 비박동성 관류군과 박동성 관류군을 비교하면 체외순환 60분후에 비박동성 관류군이 73mmHg로 박동성 관류군의 61mmHg보다 의미있게 증가하였다($p < .05$). 다른 측정시기에는 두 군간에 유의한 차이는 없었다.
2. 말초혈관저항은 대동맥 차단직후 두 군 모두 의미있게 감소하였으며 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후와 중환자실 도착직후에 증가하였다. 술후 1일에

정상범위로 감소하였다. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 유의한 차이는 없었다.

3. 혈장 에피네피린은 대동맥 차단직후 두 군 모두 통계적으로 의미있게 증가하였다. 체외순환 60분후에 두 군 모두 가장 증가하였고 통계적으로 의미가 있었다. 흉골절개 봉합후에는 두 군 모두 통계적으로 의미있게 감소하였다. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 유의한 차이는 없었다.
4. 혈장 노어에피네피린은 대동맥 차단직후에 두 군 모두 의미있게 증가하였고 체외순환 60분후에 가장 증가된 상태로 통계적으로 의미가 있었다. 흉골절개 봉합후에는 비박동성 관류군에서는 감소되었으나 박동성 관류군에서는 가장 증가된 상태였다. 대동맥 차단직후와 체외순환 60분후에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 통계적으로 의미있게 증가하였다.
5. 혈관이완제 사용량은 비박동성 관류군에서 1.49㎍/kg/min이고 박동성 관류군에서 0.17 ㎍/kg/min로 통계적으로 의미가 있었다.
6. 심박출지수는 마취유도후에 두 군 모두 의미있게 감소하였고 술후 1일에 가장 증가하여 두 군 모두 통계적으로 의미가 있었다. 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에는 통계적으로 의미는 없었다.
7. 소변 배출량은 체외순환동안에 두 군 모두 의미있게 증가하였다. 체외순환후에는 감소하여 술후 1일에 두 군 모두 통계적으로 의미있게 감소하였다. 체외순환동안에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 소변 배출량이 많았고 체외순환후에 박동성 관류군에서 소변 배출량이 많았으나 통계적으로 의미는 없었다.
8. 혈청 BUN은 체외순환후에 두 군 모두 의미있게 감소하였고 술후 1일에는 비박동성 관류군은 체외순환전 상태로 증가하였으나 박동성 관류군에서는 체외순환전과 비교하여 의미있게 감소된 상태였다. 체외순환전에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 혈청 BUN이 낮았고 체외순환후와 술후 1일에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 혈청 BUN이 높았으나 두 군간에 통계적으로 의미는 없었다.

9. 혈청 크레아티닌은 체외순환후 비박동성 관류군에서는 체외순환전보다 증가하였으나 박동성 관류군에서는 통계적으로 의미있게 감소하였다. 술후 1일에 비박동성 관류군은 체외순환전 상태로 감소하였고 박동성 관류군에서 체외순환후 상태로 지속되었다. 두 군간에 통계적으로 의미는 없었다.

본 연구 결과를 통해 박동성 관류법은 체외순환동안 혈장 노어에피네피린의 분비를 감소시켜 말초혈관저항과 평균동맥압의 상승을 예방하며 혈관 이완제 사용량을 감소시킴으로써 혈류역학적 변화를 적게한다는 것과 체외순환후 소변배출량을 증가시키고 혈청 BUN과 혈청 크레아티닌 수치를 저하시켜 신장기능 손상을 예방한다는 것을 알 수 있었다.

핵심되는 말 : 체외순환, 비박동성 관류법, 박동성 관류법, 혈류역학, 신장기능

Ⅰ. 서 론

A. 연구의 필요성

사회·경제적 환경 및 생활문화의 변화에 따라 순환기 질환 중 허혈성 심질환이 급격하게 증가하고 있다. 1993년도 사망통계연보에 따르면 전체 사망자 중 심혈관계질환으로 인한 사망자가 전체의 30%를 차지하고 있다(이정렬, 박신애, 1996). 허혈성 심질환의 치료방법에는 내과적, 외과적 방법이 있으며 내과적 방법으로는 경피적 관상동맥 성형술이나 혈전용해요법이 시행되지만 협심증이 심하고 만성적인 경우나 급성 심근경색증으로 인해 위급한 상황에서 생명을 연장시키기 위해서는 외과적 중재법인 관상동맥우회술이 요구된다(Shinn, 1992). 이는 허혈성 심근에 새로운 길을 통하여 충분한 혈액을 공급함으로써 환자의 생명을 연장하고 증상을 완화 내지 소실시켜 심근의 기능을 보존하는 효과적인 치료방법으로(조건현 등 1993) 우리나라에서는 1977년 처음 사례가 보고된 후(김학제 등 1992) 주로 불안정형 협심증과 심근경색증에서 시행되고 있으며 최근에는 70세 이상의 고령자 및 보다 복잡한 임상상태, 즉 심인성 쇽까지로 그 영역이 확대되어가고 있고(Shinn, 1992) 그 수술 건수도 매년 증가하고 있다.

관상동맥우회술을 시행하기 위해서는 수술중 심장과 폐의 역할을 대신하는 심폐기가 필수적이며 이 기기를 통해 우리 몸의 순환은 정상적인 체내순환계를 떠나 체외에 존재하는 인공 회로를 따라 체외순환을 하게 된다. 체외순환을 하기 위해서는 일반적으로 혈액희석, 저체온법, 심근보호법, 관류법, 항응고제 등을 사용하게 된다.

체외순환 관류법에는 비박동성 관류법과 박동성 관류법이 있다. 신체가 박동성에 적응되어 있으므로 체외순환 초기부터 박동성 관류법이 보다 생리적인 것으로 생각되어 왔으나, 박동성 관류법 적용시 사용방법이 복잡하고 기기와 기술의 정교

함을 요구하며 비용이 상대적으로 고가인 이유로 비박동성 관류법이 일반적으로 적용되어 왔다(Wright, 1994).

그러나 기본적으로 신체는 박동성을 특징으로 하기 때문에, 이러한 비박동성 관류를 적용하는 경우 여러 가지 문제점을 유발할 수 있다는 점이 지적되어 왔다. 즉 심폐기 조작에 의한 박동성 관류에서 비박동성 관류로의 변화는 대동맥궁과 경동맥동에 있는 압력 수용체를 자극하여(Angell-James, de Burgh, 1971) 비박동성 관류기간 동안 신경내분비계의 반사를 유발하고 이 반사는 혈관수축과 이로 인한 고혈압을 유발할 수 있다(Estafanous, 1973). 이러한 현상은 체외순환동안뿐 아니라 심장수술후 관상동맥우회술환자의 약 30-50%에서 일시적으로 발생할 수 있다(Estafanous, Tarazi, 1980). 실제 사례연구를 통해서도 관상동맥 우회술환자에서의 고혈압은 심근의 산소 요구량을 증가시키고 허혈부위의 경색을 일으킬 수 있으며(Buckberg, 1971) 수술후 출혈을 유발한다는 연구결과가 보고되어 있다(Casthely, Bregman, 1991). 관상동맥우회술환자의 고혈압은 수축기압과 이완기압이 모두 상승되어 있고 심박출지수는 변화가 없는 것이 특징으로 카테콜아민 분비를 매개로한 말초혈관저항의 증가가 원인인 것으로 생각되고 있다.

또한 체외순환동안과 체외순환후에는 신부전이 흔하게 발생하는데 비박동성 관류로 인한 카테콜아민과 항이뇨호르몬의 분비증가가 신장혈관 수축을 유발하고 신혈류에 손상을 주는 것으로 알려져 있으며(Casthely, Bregman, 1991) 체외순환후 신기능저하의 가장 흔한 원인은 심박출량 저하에 의한 이차적인 현상이다(Taylor, 1986). 신부전의 발생비율은 1.2-13%로 낮은 편이지만 만약 성인환자에서 신부전이 심해 투석까지 하게 되는 경우에는 사망률이 25-100%에 달하는 심각한 결과를 초래할 수도 있다(Gailiunas, 1980).

이러한 비박동성 관류적용의 문제점 제기와 아울러 최근 몇 년간 대동맥내 풍선 박동 장치(Intra Aortic Balloon Pulsation, IABP)기술이 발전하면서 생리적인 관류법인 박동성 관류법에 관심이 증대되었다(Casthley, Bregman, 1991). 박동성 관류법을 적용한 연구에 의하면 체외순환시 유산소 대사를 정상으로 유지시키고(Shepard, Kirklin, 1969) 말초혈관저항을 저하시켜 후부하를 감소시킴으로서 시술후 순환보조나 대동맥내 보조장치(Intra Aortic balloon Pump, IABP), 심근수축제

의 사용 요구가 감소하게 된다고 한다(Bregman, 1977). 또한 혈류역학과 관련된 사망률과 저박출량증후군이 감소하고 기도 삽관 유치시간에 의한 평가에서 술후 환자의 회복이 증진되며(Minami, 1990), 신장기능을 보호하는 것으로 보고되고 있다(Onoe, 1994).

Casthely, Bregman(1991)도 박동성 관류법은 비박동성 관류적용시 보다 말초혈관저항의 감소, 정상 스트레스 반응, 소변량 증가, 대사성 산독증의 감소, 산소소모량의 증가, 심근관류와 재관류의 향상, 크레아티닌 제거 증가, 림프류량의 증가, 호르몬 변화의 감소를 초래한다고 하였으며, Song, Wang, Stammers(1997)도 시술후 심장기능, 말초혈관순환, 신장기능이 유지되는 것이 장점이라고 하였다.

국내에서의 박동성 관류와 관련된 연구를 살펴보면 현재까지 두 편이 발표되었다. 이동준(1984)은 박동성 관류법을 적용하여 신장기능에 미치는 영향을 연구한 결과 박동성 관류법 적용시 체외순환동안과 체외순환후에 신장기능을 원활하게 유지하는 것으로 보고 하였다. 선경 등(1985)의 연구는 비박동성 관류법과 박동성 관류법을 적용하여 뇨량 및 신기능, 간기능, 기타 혈액성분의 변화를 비교하였는데 연구결과 박동성 관류군에서 술후 평균 인공호흡시간 및 기도 삽관유치시간이 짧았으며 평균 뇨량이 증가하여 체외순환 기간과 수술후 전반적인 환자 상태가 좋은 것으로 보고 하였다. 그러나 이 연구들의 연구대상자가 대부분 소아들(선경 등, 1985)이거나 판막질환환자(이동준, 1984)에 국한되어있다. 최근들어 체외순환의 기술과 기기들의 발전으로 체외순환에 의한 환자의 생리적인 변화를 감소시키는 연구의 시의성이 높아졌다.

개심술팀의 한 일원으로서 심폐기 전문간호사는 대상자의 체외순환기능을 효율적으로 관리하기 위해 다양한 기기와 기술을 선택할 임무와 책임이 있다(American Society of Extra-corporeal Technology, 2000). 최근에 관상동맥우회술 환자의 수가 점차 늘어가고 있고 환자들의 연령도 높아지고 질병이 더 심각해지는 상황이므로 체외순환 적용 동안과 적용후 신체기능에 손상을 적게 주는 관류방법을 규명하는 것이 요구 된다고 생각된다. 이에 본 연구는 체외순환시 박동성 관류법과 비박동성 관류법을 적용하여 혈류역학과 신장기능을 살펴봄으로서 환자에게 생리적 부담을 최소로 하는 관류법을 파악하고자 시도되었다.

B. 연구 문제

1. 비박동성 관류법과 박동성 관류법을 적용한 두 군에서 측정시기에 따라 혈류역학(평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민, 혈관확장제 사용량, 심박출지수)과 신장기능(소변배출량, 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌)에는 차이가 있는가?

2. 비박동성 관류법과 박동성 관류법을 적용한 두 군간에 혈류역학(평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민, 혈관확장제 사용량, 심박출지수)과 신장기능(소변배출량, 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌)에는 차이가 있는가?

C. 용어의 정의

1. 비박동성 관류법 / 박동성 관류법

1) 비박동성 관류법

비박동성 관류법이란 체외순환시 관류유속을 일정한 속도로 유지하여 대동맥차단동안 동맥압의 박동성이 사라지고 잔물결파를 보이는 관류법이다.

2) 박동성 관류법

박동성 관류법이란 체외순환시 심폐기에 내장된 매뉴얼을 조작하여 롤러의 속도를 증속 또는 감속시킴으로서 대동맥차단동안 동맥압이 정상적인 박동성을 보이는 관류법이다.

본 연구에서는 Cobe roller pump(U.S.A, 1995)를 사용하여 박동수를 60-70회/분, pump run time은 40%, 맥압은 20-40mmHg로 유지하는 것을 의미한다.

2. 혈류역학

혈류역학이란 혈관 또는 그 속을 흐르는 혈액의 물리적 성상의 변화들이 국소혈류량과 혈압에 미치는 영향을 살펴보는 것이다(강두희, 1998)

본 연구에서는 관상동맥우회술 환자에게 체외순환을 적용하였을 때 관류 방법에 따른 평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민, 혈관확장제 사용량, 심박출지수를 의미한다.

1) 평균동맥압(Mean Arterial Pressure)

평균동맥압이란 일회의 심주기 동안의 동맥압의 평균치로, 심장의 한 주기의 시간을 밑변으로 하고 이 동안의 동맥압 변화 곡선의 면적과 동일한 사각형을 만들 때 그 상변에 해당되는 압력을 말한다(강두희, 1998).

평균동맥압 = 확장기 혈압 + (1/3 × 맥압) (Arrow international Inc. , 1988)

2) 말초혈관저항(Peripheral Vascular Resistance)

말초혈관저항이란 혈액이 흐를 때 혈관에서의 저항을 나타내는 것이다(강두희, 1998).

$$\text{말초혈관저항} = \frac{\text{평균동맥압} - \text{중심정맥압}}{\text{심박출량}} \times 79.9$$

(Arrow international Inc. ,1988)

3) 혈장 카테콜아민(Plasma Catecholamin)

혈장 카테콜아민이란 교감신경말단과 부신수질에서 분비되는 화학물질로 심장 및 순환계, 대사작용에 영향을 미친다(강두희, 1998).

본연구에서는 혈장에서 HPLC(High Performance Liquid Chromatography)방법으로 Neuroblastoma analyzer(BIO-RAD, California, America)를 사용하여 측정한 에피네피린과 노어에피네피린을 의미한다.

4) 혈관확장제 사용량

혈관확장제란 혈관수축현상이 있을 때 동맥 또는 정맥을 확장시켜 주는 약물이다.

본 연구에서는 동맥과 정맥에 모두 작용하여 혈관을 확장시키는 나이트로프루사이드를 대동맥 차단직후에서 체외순환 60분까지 투여한 양을 의미한다.

5) 심박출지수(Cardiac Index)

심박출지수는 심박출량을 체표면적으로 나눈 값으로서 체격에 관계없이 비교가능한 심기능 지표이다(김원곤, 노준량, 1996).

본 연구에서는 환자 혈류역학 모니터링 장치(Patient Monitor, model 56s, Hewlett- Packard)를 사용하여 열희석법으로 측정한 것을 의미한다.

3. 신장기능

신장기능은 체내의 대사산물중 불필요한 노폐물(요산, 크레아티닌, 요소)과 과잉의 수분을 배설하고 체액과 전해질의 균형을 유지하는 것이다(김원곤, 노준량, 1996).

본 연구에서는 소변 배출량(Urine Output) 및 혈청에서 측정한 BUN과 크레아티닌을 의미한다.

Ⅱ. 문헌고찰

A. 비박동성 관류법과 박동성 관류법

개심술을 안전하고 효율적으로 시행하기 위해서는 수술하는 동안 심장의 펌프 기능과 폐의 가스교환기능을 대신해 줄 장치가 필요하게 된다. 이런 기능을 하는 것이 심폐기로서 심장수술동안 우리 몸의 순환은 심폐기를 통해 체내순환계를 떠나 체외에 존재하는 인공회로를 따라 체외순환을 하게 된다(김원곤, 노준량, 1996). 체외순환을 하기 위해서는 심폐바이패스 회로뿐 아니라 혈액희석, 저체온법, 심근보호법, 관류법, 항응고제를 사용하게 된다.

체외순환 관류법에는 비박동성 관류법과 박동성 관류법이 있다. Gibbon이 1950년대에 처음으로 체외순환을 이용한 심장수술을 성공한 이후로 신체가 박동에 적응되어 있으므로 박동성 관류는 비박동성 관류보다 생리적인 것으로 여겨졌고(Wright, 1994) 정상 심장에 의해 생성되는 박동성 혈류를 재생산하고자 하는 연구들이 지속되어져 왔다. 그러나 혈류량과 평균동맥압이 정상범위내에서 유지되는 상태에서는 비박동성 관류를 적용했을 때 신장, 사지와 온몸의 관류, 조직의 기능과 생존기간에 대한 변화가 없다는 증거들이 제시되고(Selkurt, 1951; Wesolowski, Sauvage, Pinc, 1954) 박동성 펌프가 동물실험에서는 사용될 수 있으나 환자에게 적용할 때에는 사용방법이 복잡하고 비용상의 문제, 확신할 수 없다는 것과 박동성 관류시 동맥선에 매우 높은 에너지가 생성된다는 이유들로 개심술에서는 비박동성 관류가 일반적인 것으로 여겨졌다(Wright, 1994).

최근 몇 년간의 의학적 기술의 발전, 대동맥내 풍선 박동 장치(Intra Aortic Balloon Pulsation, IABP)기술, 조직보존에 대한 연구들은 박동성 관류에 관심을 다시 가지게 하였고(Casthley, Bregman, 1991) 박동성 관류에 대한 3가지 기본적인 이론들이 제시되었다. 첫째 이론은 에너지 등가압의 개념으로 Shepard 등(1966)은 비박동성 관류를 능가하는 박동성 관류의 이론적 장점을 제시하였다. 박동성 관류는 혈압변화에 의한 것이 아니라 에너지 변화에 의한 것으로 같은 평균

혈류량에서 박동성 관류는 비박동성 관류보다 많은 에너지를 포함한다. 이 여분의 에너지는 조직에서 유용하게 사용되어 말초혈관 개방성을 유지하고 조직림프 흐름을 증가시키고 세포대사를 향상시킨다. 두번째 이론은 말초혈관 폐쇄압과 말초순환의 개방성의 개념으로 Parson, McMaster(1938)는 비박동성 관류시 림프액과 간질액의 흐름이 감소됨을 설명하였고 Burton(1954)은 동맥압의 수축기 끝지점에서 미세순환의 혈류는 말초관류가 끝날때까지 계속된다고 제시하면서 박동성 관류는 미세순환 개방 기간에 보다 많은 혈류를 보낸다고 설명하였다. Taylor(1986)는 비박동성 관류에서 미세혈관 단락과 광범위한 말초혈관 허탈이 생기고 산소소비가 감소되고 조직 산독증이 발생한다고 보고하였다. 세번째 이론은 압력수용체의 자극에 의한 신경내분비계의 반사개념으로 1971년 Angell-James와 de Burgh는 박동성 관류에서 비박동성 관류로의 변화는 경동맥궁에 있는 압력수용체의 자극을 증가시키고 이런 중추 압력수용체의 자극은 비박동성 관류동안 신경내분비계의 반응을 자극한다고 하였다. 이러한 압력수용체 기전이 말초순환에서의 혈관수축을 유발한다고 설명하고 있다. 어떤 기전에 의해서든지 동맥의 박동성은 대사와 혈류역학적인 효과를 유발하며 세포수준에서 에너지의 수요와 공급의 균형을 유지하고 산소대사와 세포대사의 기능을 유지한다. 박동성이 없어지면 혈류량과 평균동맥압이 유지됨에도 불구하고 말초관류가 감소하고 미세순환 단락화가 활발해지고 산소소모가 감소하고 산독증이 진행되며 젖산축적 현상이 일어나게 된다 (Taylor, 1986).

여러 임상실험과 동물실험은 비박동성 관류와 비교하여 박동성 관류가 보다 생리적이고, 실제로 주요 기관의 기능을 보존한다는 것을 보여주고 있다. 다른 상반된 연구결과가 전혀 없는 것은 아니지만 최소한 박동성 관류법을 적용하였을 때 기능 저하가 발생하지 않는다고 하였다(Philbon, 1993).

말초혈관저항의 경우 대부분의 보고들이 비박동성군에서 현저하게 증가하여 평균동맥압의 상승과 더불어 효과적인 박출량을 유지하기 위해 더 많은 양의 수액 및 수혈이 필요하다고 하였다. 실험적으로 Shepard, Kirklin(1969)은 동일한 조건에서 비박동성의 체혈관저항치가 3750±580dyne・cm^5 / sec, 박동성군에서의 체혈관저항치가 2920±640dyne・cm^5 / sec라고 보고하였고 Dunn, Kirsh, Harness

(1974)는 비박동성군에서 1693unit, 박동류군에서 899unit로 보고하여 두 군간에 현저한 차이가 있음을 보여주었다. 선경 등(1985)의 연구에서는 동일한 관류량에서 평균동맥압은 박동성 관류군이 60.7mmHg, 비박동성 관류군이 66.0mmHg로 차이를 보였고 Minami, Vyska, Korfer(1992)는 박동성 관류시의 말초혈관저항이 비박동성관류의 85%수준으로 감소됨을 증명하였다. 반면에 Wesolowski(1955)는 관류량이 130ml/kg/min 이상이거나 전체 체외순환 시간이 2시간 이내의 경우에는 두 군간에 차이가 없다고 하였으며 Boucher, Rudy, Edmund(1974)는 혈관 저항, 전체 장기 혈류량, 장기내 부종 정도등에서 두 군간에 차이는 없으며 다만 체외순환중 소변량에만 차이가 있다고 하였다. 그러나 Dunn 등(1974)은 결론적으로 말초혈관 저항감소에 따른 장기 혈류의 증가가 박동성의 가장 중요한 점이라고 강조하였다.

산소소모량 및 조직대사의 경우 Shepard, Kirklin(1969)은 Fick's원리를 사용하여 모든 박동성군에서 산소 소모량이 증가하고 비박동성군에서 체외순환 후 혈중 Buffer Base와 pH가 감소하여 조직의 대사성 산독증을 의심할 수 있다고 하였다. Dunn 등(1974)은 90분이상 체외순환을 한 경우에만 박동성군의 산소소모와 조직대사가 증가하고 90분이하에서는 조직 대사나 산-염기 평형이 두 군간에 차이가 없다고 하였으며 체외순환중 혈중 젖산치는 박동성군에서 낮은 것으로 보고되었다.

임파액의 형성과 유량은 Parson, McMaster(1983)의 실험을 통해 박동성군에서 많은 것으로 증명되었다.

뇨량 및 신기능에 대한 여러 임상 사례 연구들이 진행되어 왔는데, 1976년 Abel 등은 비박동성을 사용한 개심술의 경우, 약 27%에서 중등도 이하의 신부전증 발생율을 보고하고 있는 반면 1977년 Bregman등은 박동성을 사용한 100예에서 신부전증이 발생한 예가 없었으며 체외순환중의 소변 배설량도 박동성 관류군에서 약 2배정도 많았다고 하였다. 한편 Dalton, Soroff, Birtwell(1968)은 관류량이 80-100ml/kg/min의 조건에서 비박동성군의 경우 수술후 단백뇨와 미세혈뇨가 계속되는 것을 보였고 신조직의 미세 경색이 그 원인이라고 하였다. Nakayama 등(1963)은 박동성군에서 비박동성군보다 10%이상의 정맥귀환이 증가하며 이것이 말초장기에 혈액잔류를 방지함으로써 신장기능 및 기타 장기기능 보존에 도움을 준다고 하였다.

체외순환중 심근보호의 경우 125예의 관상동맥질환 혹은 심장판막증 환자들을 대상으로 박동보조장치(Pulsatile Assisted Device, PAD)를 사용하여 박동성군과 비박동성군을 비교한 Bregman 등(1977)의 연구결과를 살펴보면 수술후 Q파의 발현으로 평가한 심근 경색의 발생율 및 수술후 대동맥내 보조장치(Intraaortic balloon pump, IABP)의 사용빈도가 박동성군에서 현저히 감소했다고 한다. 1217명의 심장수술환자를 대상으로한 연구에서 Taylor(1986)는 비박동성 관류법과 비교하여 사망률과 유병율이 낮아지고 수술장에서의 사망과 술후 24내의 사망이 박동성 관류를 적용하였을 때 의미있게 감소하고 심근수축제의 사용량과 대동맥내 풍선장치의 적용도 감소한다고 보고하였다. Murkin(1995)도 관상동맥우회술 환자 316명을 대상으로 한 연구에서 박동성 관류를 적용하였을 때 주요 합병증, 심근경색, 사망이 비박동성 관류보다 감소함을 보여준다.

폐기능의 경우 Jacob(1969)과 Clark 등(1968)의 연구에서 박동성군이 폐혈류량의 증가와 폐부종의 감소로 수술후 폐기능이 더 우수하다고 한 반면, Dunn(1974) 등은 체외순환후 동맥혈 산소분압(PaO_2) 및 이산화탄소분압($PaCO_2$)은 양군간에 차이가 없었으며 폐신장성(Lung compliance)도 박동성군에서 약간 감소되었으나 유의한 차이는 없다고 하였다. Shepard, Kirklin(1969)은 오히려 박동성군에서 수술후 폐부전 발생율이 더 많았다고 하였다. 선경 등(1985)의 연구에서는 수술후 인공호흡기간과 인공호흡기중단(Ventilator weaning)후 기도삽관제거까지의 시간을 비교한 결과 박동성 관류군에서 더 짧은 것으로 나왔다.

뇌기능의 경우 Sanderson, Wright, Sims(1972)는 박동성군에서 조직학적 신경장애가 적었다고 하였고 Murkin(1995)은 박동성과 비박동성에 따라 신경학적 기능와 뇌의 기능에는 변화가 없다고 하였다. 저체온법과 전체순환정지시 박동성군에서 저산소증과 허혈로 인한 손상에서 뇌를 보호하고 초저체온법 동안 뇌혈류량이 많았다고 한다(Onoe, 1994).

내분비계의 경우 Taylor 등(1978b)은 비박동성군에서 부신피질기능의 저하로 혈중 cortisol치가 감소한 반면 박동성군에서는 증가하여 수술중 스트레스에 대한

부신피질의 반응이 유지되는 것을 보였다. Shepard, Kirklin(1969)은 혈중 카테콜아민치는 두군간에 차이가 없다고 하였다. 그러나 Minami 등(1990)은 체외순환시작 5분후와 체외순환후 4시간후에 혈장 카테콜아민은 비박동성군에서 박동성군보다 2배정도 증가한다고 하였다. 박동성 관류시 호르몬 대사를 잘 유지하여 카테콜아민(Minami, 1990), 바소프레신(Levine, 1981), 엔도토신(Watarida, 1994)의 증가를 예방하고 성장호르몬이 증가하고 갑상선기능이 체외순환동안과 술후 24시간에 더 좋다고 하였다(Silistreli, 1999).

1889년부터 1977년까지 78편의 논문을 비교한 Constantin(1978)은 박동성 관류는 세포주위의 확산을 증진시키고 임파액의 유량을 증진시키며 혈관의 개방성을 유지함으로써 단락을 방지하여 비박동성 관류보다 장기관류, 심근보호, 산소소모량 및 조직 대사 등의 측면에서 더 나은 효과를 보이고 비박동성 관류는 말초혈관 저항 및 평균 동맥압을 상승시키며 이것은 관류시간과 관련이 있다고 결론 지었다.

박동성에서 우려되는 혈액성분 파괴여부에 대해 Tayler 등(1978a)은 박동성군에서 혈장유리 혈색소치가 70mg%이상 되는 경우는 없었으며 체외순환후 적혈구 및 혈소판 수치의 감소도 없어 비박동성군과 차이를 발견할 수 없었다고 하였고 Dunn(1974)과 Bregman 등(1977)도 박동성군에 용혈이나 혈액응고인자의 변화가 없었다고 하였다. 몇 연구에서 체외순환중의 혈액손상은 혈액의 관류방법이 아니라 심장절개 흡입기에 의한 것으로 밝혀졌다(de Jong, 1980; Taylor, 1986). 또한 체외순환시 사용하는 동맥여과기가 20㎛인 경우에는 혈장유리 혈색소가 상승하는 혈액용혈현상이 있었다고 하나 40㎛ 스크린 여과기를 사용하는 경우에는 용혈 현상이 없다고 하였다(Taylor, 1986). 선경 등(1985)의 연구에서는 혈청유리혈색소치는 수술후 1일째 박동성군이 7.09mg%, 비박동성군 3.48 mg%에 비해 약간 높았고 체외순환 직후 육안적 혈뇨의 발생빈도도 박동성군이 6예(20%)로 비박동성군 4예(13%)에 비해 약간 많았다.

B. 박동성 관류법과 혈류역학적 변화

박동성에서 비박동성으로의 변화는 대동맥궁과 경동맥동에 있는 압력수용체의 자극을 증가시킨다. 이것은 다양한 호르몬성 혈관수축제의 방출을 자극하거나 직접적인 신경성 반응에 의해 말초순환에서의 혈관수축반사를 유도한다(Casthely, Bregman, 1991). 고혈압과 혈관수축현상은 체외순환뿐 아니라 수술후에도 일시적으로 발생할 수 있는데 심장수술후 관상동맥우회술 환자의 30-50%, 판막대치술 환자의 5%에서 발생한다(Estafanous, Tarazi, 1980). 수술후 고혈압은 심근의 산소요구량을 증가시켜 허혈부위의 경색을 가져올 수 있으며 후부하의 증가와 저박출증후군을 일으키기도 하며(Buckberg, 1971) 수술후 출혈을 유발한다고 보고되었다(Casthely, Bregman, 1991).

비박동성 관류가 말초혈관저항 수준을 점진적으로 상승시킨다는 것에 대해서는 연구자들 사이에서 일치가 되었다. 비박동성 관류는 말초혈관저항을 증가시켜(Levin, 1981; Taylor, 1978a) 고혈압이나 혈관수축현상이 나타나게 된다(Estafanous, 1973; Minami, 1990). 혈관수축은 체외순환 후에도 발생하는데 Eatafanous(1973)는 관상동맥우회술 환자에게서 특별히 고혈압과 혈관수축현상이 있음을 보고 하였다. 이와같은 말초혈관저항의 증가는 체외순환후 몇 시간 동안 지속되며 이런 불필요한 말초혈관저항의 증가는 혈관이완 치료제를 필요로 하게 한다(Stinson, 1977). 그러나 박동성 관류를 적용했을 때는 체외순환동안 저혈압이 발생하여 혈압유지를 위해 혈관수축제를 사용하기도 한다(Louagie, 1991). 말초혈관저항은 체외순환전과 비교하여 체외순환이 끝날수록 비박동성과 박동성 그룹 모두에서 증가하는데 체외순환 후 2시간 30분 경과 후에는 비박동성군에서는 의미있게 증가하였으나 박동성군에서는 체외순환전 수준으로 감소하였다. 중환자실에서의 고혈압(160/ 100mmHg을 기준)은 박동성 관류군의 20%, 비박동성 관류군의 80%에서 발생하여 의미있는 차이를 보였다.

체외순환 동안의 저체온법의 적용과 비박동성 관류법의 적용으로 인해 체외순환중과 체외순환후에 카테콜아민의 분비가 증가하게 된다(Minami, 1990; Taylor,

1986). 카테콜아민치의 증가는 말초혈관저항의 증가를 가져오고 체외순환동안과 체외순환후에 혈관이완제의 사용이 필요하게 되며 항이뇨호르몬의 증가와 함께 수술후 초기에 고혈압을 유발한다고 한다(Kaul, 1990). 에피네피린과 노어에피네피린은 체외순환전에는 비슷하지만 체외순환동안에는 수술후 고혈압군에서 의미있게 증가하고 수술후 노어에피네피린과 에피네피린은 평균동맥압과 양의 상관관계이다(Wallach, 1980). 비박동성 관류군에서 혈장 카테콜아민의 농도가 증가하고 이것은 혈관을 수축시킨다. Landymore(1978)의 연구에서는 박동성과 비박동성 관류법에서의 혈중 카테콜아민은 두 그룹 모두에서 수술전과 마취유도후의 수치보다 체외순환동안 수치가 증가하였고 중환자실에서 최고 수준임을 알 수 있으나 두그룹간에 의미있는 차이는 없었다. 그러나 Philbin 등(1981)은 박동성과 비박동성 관류시 노어에피네피린과 에피네피린이 증가하고 특히 비박동성에서 의미있게 증가한다고 하였다.

체외순환시 박동성과 비박동성 관류적용에는 논쟁이 있지만 몇몇의 연구는 박동성 관류시 향상된 혈류역학과 수술중 문제가 보다 적음을 보고한다(Taylor, 1978a; Minami, 1980; Phillbon, 1981). 박동성 관류는 관류중과 관류후에 말초혈관저항을 낮은 수준으로 유지함으로써(Mandelbaum, Burns, 1965; Dunn, 1974) 조직관류를 향상시키고 이차적으로 좌심실기능에 영향을 미치며(후부하) 관상동맥과 우회한 관상동맥의 혈류량이 증가하여 좌심실 기능을 향상시킨다(Bregman, 1977). 또한 대동맥 차단제거후에 박동성 관류군에서 자발적인 심장전환(Cardiac conversion)의 빈도가 더 많았으며(Song, Wang, Stammers, 1997) 박동성 관류후의 혈류역학의 향상은 순환보조나 대동맥내 풍선장치의 사용을 감소시키고 심근수축제의 사용량도 감소시킨다(Taylor, 1978a).

C. 박동성 관류법과 신장기능의 변화

관상동맥우회술 환자들의 나이가 많아지고 질병의 심각도가 더 심각해져서 이들 환자에서의 신부전의 빈도와 심각성이 증가하고 있다(Gailiunas, 1980). 심장수술은 다른 수술에 비해 체외순환을 적용하고 체외순환동안 심혈관계가 불안정하기 때문에 급성신부전의 발생이 높다고 한다(Koning, Leusink, 1990). 신장기능의 저하는 체외순환전, 체외순환동안, 체외순환후에 발생하게 되는데 신부전의 발생은 1.2-13%이지만 신부전이 심해서 투석까지 하게 되면 사망률은 25-100%로 높아지기 때문에 술후 급성 신부전에 대한 관심을 가지게 된다(Yeboah, 1972; Gailiunas, 1980; Rasmussen, Ibels, 1982; Koning, Koning, Leusink, 1985; Lange, Aeppli, Brown, 1987). 또한 술후 신장기능저하환자는 중환자실과 병동에서의 입원기간이 2배정도 길어진다고 한다(Mora, 2000).

체외순환동안 신장의 기능은 혈류의 형태, 혈액희석, 저체온증, 호르몬 반응, 체외산소화에 의해 영향을 받는다. 체외순환동안 신혈류와 사구체여과율에 있어 25-75%정도 감소하고 신장혈관 저항이 증가한다. 부적절한 관류속도, 동맥혈압저하, 비박동성 관류, 신장혈관수축은 신혈류에 손상을 줄 수 있으며 카테콜아민과 바소프레신의 증가에 의해 악화된다(Casthely, 1991). 또한 환자의 상태나 체외순환시간도 체외순환후 신부전을 발생시키는 요인이 되는데 2222명을 대상으로한 연구에서 술후 신장기능저하는 70세 이상에서 2배, 80세 이상이면 4배 정도 더 많이 발생한다고 하며 심한 울혈성 심부전증, 관상동맥술을 전에 받았던 사람, 인슐린 의존성 당뇨, 수술전 과혈당증, 수술전 신장기능이 저하된 사람(혈청 크레아티닌이 증가된 상태)들은 수술중 신장기능저하의 위험이 있다고 한다(Mora, 2000).

비박동성 관류는 신장의 피질혈류를 감소시키고 신신경의 활동을 증가시킨다. 피질로의 혈류감소는 사구체 여과율을 감소시켜 체외순환후 신기능이 저하하게 되는데 Goodman(1976)은 비박동성 관류시 2시간후에 바깥쪽 신장피질혈류가 감소됨을 보고 하였다. Daitoh(1978)은 비박동성 관류에서의 신장생리에 대한 연구를 하였는데 혈류의 분포가 변화하고 산소대사와 림프류량이 감소하고 레닌의 분비

가 증가한다고 보고하였다. 또한 비박동성 관류시 신관류에 영향을 미치는 요인은 혈압과 관류속도이며 혈압이 80mmHg이상일때 신부전은 감소하고 혈압이 낮아질 때 신부전이 많이 발생한다. 혈압을 65mmHg로 유지하고 혈류를 30-50ml/kg로 관류했을 때 가장 낮은 신부전 발생을 보고하였다(Mora, 1995). 박동성 관류는 신기능과 바깥쪽 피질혈류를 보존하고(Mori A, 1988) 허혈성 변화를 예방한다. 혈류량이 80-100 ml/min/kg인 경우에 말초혈관저항이 감소하고 신혈류량이 증가하고 (Olinget, Hutchinson, Bonchek, 1983) 레닌-안지오텐신의 농도를 낮추는 것으로 알려져 있으며 비박동성 관류법보다 소변배출량과 크레아티닌제거가 증가한다 (Bregman, 1977; Philbin, 1979). 박동성 관류시 술전 크레아티닌이 1.7mg/100ml이상인 환자에게서 술후 신부전의 발생이 낮아진다(Olinger 등,1983). Paquet(1969)는 박동성 관류시에 산독증이 감소하고 산소소모량의 증가함을 보여주며 German 등 (1972)은 신정맥의 젖산치가 저하된다고 보고하였다.

많은 연구자들은 술후 신부전은 수술전 신장기능이 저하되거나 심장기능이 저하된 환자에게서 발생한다고 보고한다(Hilberman, 1979; Bhat, 1976; Myers, Moran, 1986). 신장관류가 감소된 상태에서 체외순환후 심박출량이 감소하게 되어 신장은 혈청크레아티닌이 증가된 상태로 있게 되는데 수술전 신기능이 저하되거나 체외순환이 길어지는 경우에 더욱 혈청 크레아티닌이 증가하게 되고 심박출량의 저하가 계속되거나 반복된 경우에 급성 신부전이 발생하게 된다. Giorgio Zanardo(1993)는 775명의 심장수술환자를 대상으로 한 연구에서 수술전 정상 신기능인 환자에서 15.1%가 술후 신장 합병증을 동반하는데 신기능저하(크레아티닌 1.5-2.5mg/dl)는 11.4%이고 급성신부전(크레아티닌 2.5mg/dl이상)은 3.7%를 차지한다고 보고하였다. 술후 사망률은 정상 신기능에서 0.8%, 신기능저하에서 9.5%, 급성신부전에서 44.4%를 차지하여 신손상이 사망률의 하나의 지표가 되는데 술후 신부전은 수술전, 수술중, 수술후 혈류역학의 요인에 의해 발생한다고 하였다.

수술후 신기능 저하로 인한 부정적인 효과와 병원비용이 증가함에도 불구하고 심장수술후 신기능을 예방하거나 치료할 수 있는 명확한 전략이 없는 실정이다 (Mora, 2000). 체외순환동안의 혈압조절, 산-염기 관리(α-stat 대 pH stat), 관류법 (박동성 대 비박동성), 체온조절(저체온증 대 정상체온)의 중요성에 대해 약간은

동의하고 있으며 신기능저하를 예방하거나 치료하기 위해 도파민(저용량)이나 만니톨의 사용에 대해 많은 연구를 하고 있다. 도파민은 저용량(≤2mg/kg/min)에서 선택적으로 도파민 수용체만을 자극하여 신장 관류의 증가 및 이뇨작용을 일으키는데(김원곤, 노준량, 1996) 많은 연구들이 도파민과 만니톨 등과 같은 약이 신기능저하를 예방하거나 치료한다고 발표하고 있지만 이들 약이 효과가 없다는 연구결과들도 많이 발표되고 있다(Mora, 2000).

이상과 같이 여러 연구결과들을 살펴보면 생리적 부담이 적은 박동성 관류가 비박동성 관류보다 말초혈관저항의 감소, 최소의 스트레스 반응 유도, 소변량 증가, 대사성 산독증의 감소, 산소소모량의 증가, 심근관류와 재관류의 향상, 림프류량의 증가, 호르몬 변화의 감소로 보다 나은 세포내 산소공급과 장기 기능이 보존된다는 것을 알 수 있었다.

Ⅲ. 연구방법

A. 연구설계

본 연구는 관상동맥우회술 환자의 체외순환시 적용되는 비박동성 관류법과 박동성 관류법간의 혈류역학과 신장기능을 비교하기 위한 유사실험연구로 비동등성 대조군 전후 시차 설계이다.

B. 연구대상

본 연구의 대상자는 2000년 3월 30일부터 2000년 5월 30일까지 서울시내에 소재하고 있는 일개 Y대학 C센터에서 관상동맥우회술을 받은 환자로서 다음의 선정기준에 적합한 사람을 대상으로 짝집기표집을 이용하여 비박동성 관류군 10명은 대조군으로 박동성 관류군 10명은 실험군으로 하였다.

대상자 선정 기준은 다음과 같다.

1. 관상동맥우회술을 처음으로 시행받는 환자
2. 신장질환이 없는 환자
3. 관상동맥우회술과 함께 다른 수술을 하지 않은 환자
4. 체외순환시간이 3시간 이상되지 않는 환자
5. 수술중 체외순환을 다시 적용하지 않는 환자
6. 출혈등의 이유로 수술후 24시간 이내에 재수술하지 않는 환자

또한 대상자의 동질성을 유지하기 위하여 성별, 연령, 체표면적, 관상동맥우회술수, 체외순환 시간은 두 군간에 동일하게 분포하게 하였다.

C. 자료수집방법

1. 비동성 관류법과 박동성 관류법

체외순환시 사용된 심폐기는 Cobe roller pump를 사용하였고 산화기와 그 외 체외순환 물품, 충전액은 두 군이 동일하도록 하였다. 체외순환동안 혈액희석법을 적용하여 헤마토크리트가 19-22%가 되도록 하였고 환자의 체온을 34℃이상으로 유지하는 정상체온 체외순환을 적용하였다.

비박동성 관류법은 체외순환동안 환자에게 적절한 관류유속을 계산한 후 심폐기의 롤러를 일정한 속도로 유지하여 환자모니터에 맥압이 5-10mmHg로 유지되도록 하였다. 박동성 관류법은 대동맥 차단직후 심폐기의 모니터에 내장된 메뉴얼을 조작하여 롤러를 재빨리 증속 또는 감소 시켜 박동성을 만들었다. 박동수는 60-70회/분, pump run time은 40%, 맥압은 20-40mmHg로 유지하며 관류속도는 2.0-2.4L/min/m^2가 되도록 조절하였다. 박동성 관류법은 부분 체외순환 기간이거나 대동맥 차단을 제거한 후에는 비박동성 관류법으로 환원시켰다.

2. 혈류역학 측정법

1) 평균동맥압

환자의 요골동맥에 카테터나 Vinca를 삽입하여 환자의 혈류역학 모니터링장치(Patient monitor, model 56s, Hewlett-Packard)에 연결하여 마취전, 마취유도후, 대동맥 차단직후, 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후, 중환자실 도착직후, 술후 1일에 측정하였다.

2) 말초혈관저항

폐정맥 카테터(Swan-Ganz카테터)를 삽입하여 환자의 혈류역학 모니터링장치(Patient monitor, model 56s, Hewlett-Packard)에 연결하여 측정하였다. 마취전,

마취유도후, 대동맥 차단직후, 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후, 중환실 도착직후, 술후 1일에 측정하였다.

3) 혈장 카테콜아민

환자로부터 마취유도후, 대동맥 차단직후, 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후에 혈액을 6cc 채취해 즉시 원심분리기를 사용하여 3000RPM으로 3분 동안 돌린후 혈장을 2cc를 채취하여 Cryoware(Nalge company, U.S.A)에 담아 실험실에 있는 Deep Freezer(Hetofrig CL410, Scandinavia)에 -80℃에 냉동하였다. 자료를 모두 수집한 후에 혈중 카테콜아민(에피네피린과 노어에피네피린)을 측정하였다. 카테콜아민 측정방법은 HPLC(High Performance Liquid Chromatography)으로 카테콜아민을 pH 8.6에서 alumina에 흡착시킨 후 산으로 추출하고 reverse-phase C18 column에서 분리시킨 다음 electrochemical detector(ECD)로 검출하였다.

4) 혈관 확장제 사용량

심폐기 전문 간호사에 의해 대동맥 차단직후부터 체외순환 60분후까지 사용한 나이트로프루사이드의 양을 측정하여 기록하였다.

5) 심박출지수

폐정맥 카테터(Swan-Ganz카테터)를 삽입하여 카테터의 근위부 포트를 통해 실내온도의 생리식염수 10ml를 우심방에 주입하여 초래된 혈액의 온도변화를 폐동맥에 위치한 온도감지기가 감지함으로써 계산되었다. 자료는 마취전, 마취유도후, 흉골절개 봉합후, 중환자실 도착직후, 술후 1 일에 측정하였다.

3. 신장기능 측정법

1) 소변 배출량

유치 도뇨관을 삽입하여 측정하였으며 마취유도후에 유치 도뇨관 삽입하여 체외순환전까지의 소변 배출량을 체외순환전 소변 배출량으로 하였고, 체외순환을

시작하여 체외순환 종료시까지의 소변배출량을 체외순환동안 소변 배출량으로 하였다. 체외순환후부터 중환자실 도착직전까지의 소변 배출량을 체외순환후 소변 배출량으로 하였고, 중환자실 도착직후부터 24시간이후까지의 소변 배출량을 술후 1일 소변 배출량으로 하였다.

2) 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌

환자로부터 혈액 4cc를 채취하여 혈청 BUN은 Beckman Coulter Conductivity Electrotrode(U.S.A)를 사용한 효소 전도률법으로 Synchron CX System Calibrator (U.S.A)로 측정하였고 혈청 크레아티닌은 Jaffe rate 법으로 Synchron CX System Calibrator(U.S.A)로 측정하였다. 측정시기는 체외순환전, 체외순환후, 술후 1일이었고 수술전 병실에서 측정한 혈청 BUN과 크레아티닌을 체외순환전 혈청 BUN과 크레아티닌으로 하였고 중환자실 도착직후에 측정한 혈청 BUN과 크레아티닌을 체외순환후 혈청 BUN과 크레아티닌으로 하였다.

D. 자료처리 및 분석방법

본 연구에서 얻어진 자료는 실수, 평균과 표준편차를 산출하여 제시하였고 SPSS-PC(Statistical Package for the Social Science-PC)를 이용해 검정 유의수준은 0.05미만으로 전산통계 처리하였다.

1. 대상자의 일반적인 특성과 수술관련특성은 두 집단간의 동질성 검증을 위해 χ^2- test 와 맨- 휘트니(Mann-Whitney)의 U검정을 이용하여 분석하였다.

2. 비박동성 관류법과 박동성 관류법 적용한 두 군에서 측정시기에 따른 혈류역학과 신장기능의 차이는 윌콕슨(Wilcoxon)의 대비된 쌍의 부호순위검정을 이용하여 분석하였다.

3. 비박동성 관류법과 박동성 관류법간의 혈류역학과 신장기능의 차이는 맨-휘트니(Mann-Whitney)의 U검정을 이용하여 분석하였다.

E. 제한점

1. 본 연구는 임상연구이므로 체외순환전과 체외순환동안의 약물사용에 대해 통제할 수 없었다. 즉 체외순환전 심혈관계 약물 사용과 체외순환동안의 이뇨제나 도파민의 사용을 두 군간에 동일하게 할 수 없었으므로 이들 약물이 혈류역학과 신장기능에 미치는 영향을 배제하지 못하였다.

2. 박동성 관류법 적용시 사용하는 기기와 기술에 따라 혈류역학과 신장기능에 미치는 영향에 차이가 있으므로 본 연구에서 적용한 박동성 관류방법을 고려하여 연구결과를 임상에 적용해야 한다.

3. 체외순환동안 신장기능 손상을 예방하기 위해 선택적으로 사용한 도파민으로 인해 대상자 20명중에서 6명은 혈장 카테콜아민을 측정할 수 없었다. 또한 측정된 대상들의 혈장 카테콜아민에 대해서도 도파민의 영향을 완전히 배제할 수 없었다.

Ⅳ. 연구결과

A. 대상자의 일반적 특성과 수술관련 특성

대상자의 일반적 특성과 수술관련 특성인 성별, 연령, 체중, 체표면적, 체외순환시간, 대동맥 차단시간, 관상동맥우회술수에 대하여 χ^2- test 와 맨- 휘트니(Mann-Whitney)의 U검정을 한 결과 두 군간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(표 1).

성별은 전체 20명중 남자가 12명, 여자가 8명으로 남자 환자가 많았고 연령은 평균 65세였으며 50대가 2명 60대가 14명이었고 70세 이상인 대상자도 4명 있었다. 체외순환시간은 120분 미만인 대상자가 17명이었고 120분 이상인 대상자는 3명이었다.

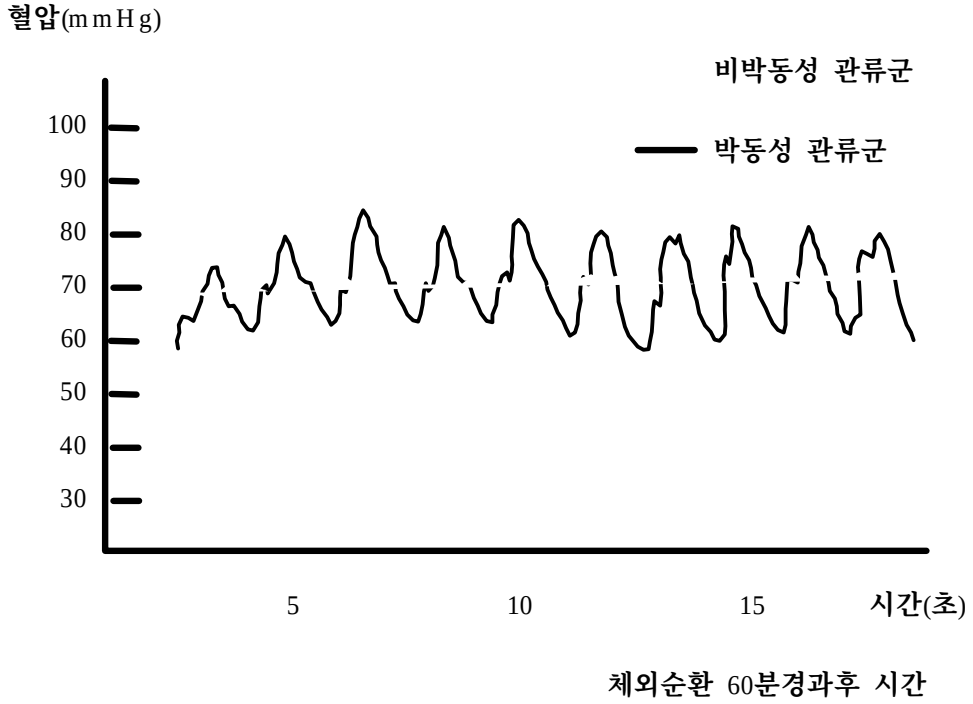
<표 1> 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 일반적 특성과 수술관련 특성

n=20

변수	구분	비박동성 관류(n=10) 평균 ±표준편차	박동성관류(n=10) 평균± 표준편차	df	χ^2	Z
성별(명)	남	6	6	1	.000	
	여	4	4			
연령(세)		65.20 ±5.05	65.70±3.80			-.076
체중(kg)		61.10±7.36	64.0±8.11			-.568
체표면적(m^2)		1.66±0.12	1.67±0.11			-.114
체외순환시간(분)		106.10±13.05	101.00±15.45			-.454
대동맥차단시간(분)		82.20±8.87	81.50±14.00			-.454
관상동맥우회술수(개)	3	9	9	1	.000	
	4	1	1			

B. 비박동성 관류법와 박동성 관류법에 대한 특성

박동성 관류법은 전체 체외순환에서 대동맥을 차단직후부터 시작하여 대동맥 차단을 제거하기 전까지 적용하였다. 적용시간은 최소 57분에서 최고 70분간으로 평균 적용시간은 61분이었고 박동수는 최저 57회/분에서 최고 70회/분로 평균 61회/분이었다. 체외순환 60분후이었을 때 비박동성 관류군에서의 평균동맥압은 72mmHg이고 맥압은 평균 5.5mmHg이었고 박동성 관류군에서는 수축기 혈압이 65-84mmHg(평균 74mmHg), 이완기 혈압은 44-62mmHg(평균 52mmHg), 맥압은 19mmHg-27mmHg(평균 23mmHg)이었다. 체외순환 60분 경과후에 환자혈류역학 모니터링 장치에 나타난 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈압변화양상은 다음과 같다(그림 1).



<그림 1>체외순환 60분 경과후의 비박동성 관류와 박동성 관류시 혈압변화양상

C. 비박동성 관류와 박동성 관류에서의 혈류역학 변화

비박동성 관류군과 박동성 관류군에서의 혈류역학 변화는 평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민, 혈관이완제 사용량, 심박출지수를 측정하였다

평균동맥압은 비박동성 관류군에서 마취전과 비교하면 마취유도후에 89mmHg로 감소하여 통계적으로 유의미하였다. 대동맥 차단직후에 63mmHg, 체외순환 60분후에 72mmHg로 감소하여 유의한 차이를 보였고 흉골절개 봉합후에 89mmHg로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 중환자실 도착직후에는 평균동맥압이 증가하여 97mmHg로 되었으며 술후 1일에 88 mmHg로 유의미하게 평균동맥압이 낮아졌다. 박동성 관류군에서는 마취전과 비교하여 대동맥 차단직후에 60mmHg, 체외순환 60분후에 61mmHg로 감소하여 유의한 차이를 보였다(표 2).

<표 2>측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 평균동맥압

n=20

측정시기	비박동성관류군(n=10) 평균±표준편차 (mmHg)	Z	박동성 관류군(n= 10) 평균±표준편차 (mmHg)	Z
마취전	104.7±11.29		94.9±13.97	
마취유도후	89.8±10.72	-2.549*	85.4±7.26	-1.683
대동맥차단직후	63.4±7.97	-2.802*	60.2±5.31	-2.805*
체외순환 60분후	72.8±13.37	-2.805*	61.3±6.65	-2.668*
흉골절개 봉합후	89.7±9.58	-2.315*	85.3±12.20	-1.786
중환자실 도착직후	97.2±6.99	-1.530	89.2±10.05	-1.423
술후 1일	88.3±10.23	-2.550*	84.5±11.14	-1.785

* $p < .05$

평균동맥압을 비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 비교하면(표 3) 마취전에 평균동맥압이 비박동성 관류군이 104mmHg이고 박동성 관류군이 94mmHg으로 비박동성 관류군이 더 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다. 마취유도후부터 술후 1일까지 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 평균동맥압이 높았으나 체외순환 60분후의 평균동맥압을 제외하고는 통계적으로 유의하지 않았다. 체외순환 60분후일 때 평균동맥압은 비박동성 관류군에서 72mmHg, 박동성 관류군에서 61mmHg로 유의한 차이를 보였다.

<표 3> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 평균동맥압

n=20

측정시기	비박동성관류군(n=10) 평균±표준편차 (mmHg)	박동성 관류군(n= 10) 평균±표준편차 (mmHg)	Z
마취전	104.7±11.29	94.9±13.97	-1.326
마취유도후	89.8±10.72	85.4±7.26	-1.060
대동맥차단직후	63.4±7.97	60.2±5.31	-1.098
체외순환 60분후	72.8±13.37	61.3±6.65	-2.160*
흉골절개 봉합후	89.7±9.58	85.3±12.20	-1.098
중환자실 도착직후	97.2±6.99	89.2±10.05	-1.931
술후 1일	88.3±10.23	84.5±11.14	-.151

* p< .05

말초혈관저항은 비박동성 관류군에서 마취전에 가장 높은 상태였고 마취유도 후에 감소하여 대동맥 차단직후에 1419dyne・cm^5/ sec로 유의하게 감소하였다. 체외순환 60분 경과후에 밀초혈관저항이 증가하여 중환자실 도착직후에도 증가한 상태로 있었으며 술후 1일에 가장 낮은 상태인 958dyne・cm^5/ sec 로 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 박동성 관류군에서는 마취전과 비교하여 마취유도후에 말초혈관저항이 가장 높은 상태로 증가하였고 대동맥 차단직후에 비박동성 관류군에서와 같이 유의하게 감소하였다. 체외순환 60분이 경과하였을 때 1440dyne・cm^5/ sec로 증가하였으며 마취전과 비교하여 통계적으로 의미가 있었다. 흉골절개 봉합후에 더 증가하였으며 중환자실 도착직후에도 증가한 상태로 있었다. 술후 1일에 가장 낮은 상태인 911dyne・cm^5/ sec로 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(표 4).

<표 4> 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 말초혈관저항

n=20

측정시기	비박동성 관류군(n=10) 평균±표준편차 (dyne・cm^5/ sec)	Z	박동성 관류군(n= 10) 평균±표준편차 (dyne・cm^5/ sec)	Z
마취전	1710±372.98		1654±390.21	
마취유도후	1652±424.61	-.459	1831±55.96	-.764
대동맥차단직후	1419±312.01	-2.701*	1173±226.53	-2.803*
체외순환 60분후	1660±532.11	-.255	1440±204.43	-2.191*
흉골절개 봉합후	1590±470.86	-.561	1710±400.47	-.663
중환자실 도착직후	1677±784.40	-.255	1698±33.96	-.051
술후 1일	958±22.27	-2.701*	911±245.49	-2.803*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 말초혈관저항을 비교하면(표 5) 마취전에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 높았으나 유의한 차이는 없었다. 마취유도후에 비박동성 관류군에서 마취전보다 감소하였고 박동성 관류군에서 마취전보다 증가하여 박동성 관류군이 비박동성 관류군보다 말초혈관저항이 더 높았으나 두 군간에 유의한 차이는 없었다. 대동맥 차단직후와 체외순환 60분후에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 말초혈관저항이 높았으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 흉골절개 봉합후와 중환자실 도착직후에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 말초혈관저항이 낮았으나 유의한 차이가 없었고 술후 1일에는 두 군 모두 말초혈관저항이 감소하였으며 두 군간에 유의한 차이가 없었다.

<표 5> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 말초혈관저항

n=20

측정시기	비박동성 관류군(n=10) 평균±표준편차 (dyne・cm^5/ sec)	박동성 관류군(n= 10) 평균±표준편차 (dyne・cm^5/ sec)	Z
마취전	1710±372.98	1654±390.21	-.151
마취유도후	1652±424.61	1831±55.96	-.681
대동맥차단직후	1419±312.01	1173±226.53	-1.814
체외순환 60분후	1660±532.11	1440±204.43	-.832
흉골절개 봉합후	1590±470.86	1710±400.47	-.907
중환자실 도착직후	1677±784.40	1698±33.96	-.605
술후 1일	958±22.27	911±245.49	-.605

* $p < .05$

체외순환동안 신기능 저하를 예방하거나 치료하기 위해 도파민을 저용량(≤ 2mg/kg/min)으로 사용하는데 비박동성 관류군에서 4명, 박동성 관류군에서 6명이 도파민을 사용하였다. 이 도파민의 사용으로 비박동성 관류군은 6명, 박동성 관류군은 8명에서 혈장 카테콜아민을 측정할 수 있었다.

혈장 에피네피린은 비박동성 관류군에서 대동맥 차단직후에 523pg/ml로 마취유도후보다 5배증가 하였으며 체외순환 60분후에도 증가한 상태로 유의한 차이를 보였다. 흉골절개 봉합후에는 210pg/ml로 감소하였으며 통계적으로 유의미하지 않았다. 박동성 관류군에서는 대동맥 차단직후에 499pg/ml로 증가하여 유의한 차이를 보였다. 체외순환 60분후에 가장 많이 증가하여 957pg/ml이 되었으며 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 흉골절개 봉합후에는 331pg/ml로 감소하였으나 마취유도후와 비교하여 유의한 차이를 보였다(표 6).

<표 6> 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈장 에피네피린

n=14

측정시기	비박동성 관류군 (n=6)		박동성 관류군 (n=8)	
	평균±표준편차 (pg/ml)	Z	평균±표준편차 (pg/ml)	Z
마취유도후	110±227.99		17±31.66	
대동맥차단직후	523±229.18	-2.201*	499±424.79	-2.521*
체외순환 60분후	615±108.94	-1.992*	957±805.47	-2.521*
흉골절개봉합후	210±126.63	-1.153	331±396.98	-2.100*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 혈장 에피네피린을 비교하면(표 7) 마취유도후에 비박동성 관류군이 110pg/ml 박동성 관류군이 17pg/ml로 비박동성 관류군에서 혈장 에피네피린이 많았으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 대동맥 차단직후에는 두 군 모두 증가하였고 체외순환 60분후에 비박동성 관류군에서 615pg/ml, 박동성 관류군에서 957pg/ml으로 박동성 관류군이 비박동성 관류군보다 혈장 에피네피린이 많았으나 통계적으로 유의미하지 않았다.

<표 7> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈장 에피네피린

n=14

측정시기	비박동성 관류군 (n=6) 평균±표준편차 (pg/ml)	박동성 관류군 (n=8) 평균±표준편차 (pg/ml)	Z
마취유도후	110±227.99	17±31.66	-.485
대동맥차단직후	523±229.18	499±424.79	-.645
체외순환 60분후	615±108.94	957±805.47	-1.291
흉골절개봉합후	210±126.63	331±396.98	-.516

* p< .05

혈장 노어에피네피린은 비박동성 관류군에서 대동맥차단직후에 1048pg/ml로 마취유도후보다 6배증가하여 유의한 차이를 보였다. 체외순환 60분후에 1500 pg/ml로 가장 증가된 상태였으며 통계적으로 유의미하였다. 흉골절개 봉합후에는 1055 pg/ml로 대동맥 차단직후의 상태로 감소하였으나 마취유도후보다는 유의미하게 증가하였다. 박동성 관류군에서는 대동맥 차단직후에 370pg/ml로 마취유도후보다 2배 정도 증가하였으며 통계적으로 유의미하였다. 체외순환 60분후에 634pg/ml로 증가하였으며 마취유도후와 유의한 차이를 보였다. 박동성 관류군에서는 혈장 노어에피네피린이 계속 증가하여 흉골절개 봉합후에 695pg/ml로 증가하여 박동성 관류군에서 가장 증가된 상태였으며 마취유도후와 비교하여 유의한 차이를 보였다(표 8).

<표 8>측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈장 노어에피네피린

n=14

측정시기	비박동성 관류군(n=6)		박동성 관류군(n=8)	
	평균±표준편차 (pg/ml)	Z	평균±표준편차 (pg/ml)	Z
마취유도후	159±190.79		159±118.09	
대동맥차단직후	1048±1015.09	-2.201*	370±163.82	-2.380*
체외순환 60분후	1500±841.62	-2.201*	634±385.97	-2.100*
흉골절개봉합후	1055±1187.36	-2.201*	695±812.11	-2.380*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 혈장 노어에피네피린을 비교하면(표 9) 마취유도후에는 159pg/ml로 두 군이 같았다. 대동맥 차단직후에는 두 군간에 유의한 차이를 보이는데 비박동성 관류군에서는 1048pg/ml로 마취유도후보다 6배 증가하였고 박동성 관류군에서는 370pg/ml로 마취유도후보다 2배 증가하였다. 체외순환 60분후에 비박동성 관류군에서 가장 높은 상태였으며 비박동성 관류군과 박동성 관류군에 유의한 차이가 있었다. 흉골절개 봉합후에는 비박동성 관류군은 1055pg/ml로 대동맥 차단직후 수준으로 감소하였고 박동성 관류군은 695pg/ml로 가장 증가된 상태였으며 통계적으로 유의미하지 않았다.

<표 9> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈장 노어에피네피린

n=14

측정시기	비박동성 관류군(n=6) 평균±표준편차 (pg/ml)	박동성 관류군(n=8) 평균±표준편차 (pg/ml)	Z
마취유도후	159±190.79	159±118.09	-.259
대동맥차단직후	1048±1015.09	370±163.82	-2.195*
체외순환60분후	1500±841.62	634±385.97	-2.195*
흉골절개봉합후	1055±1187.36	695±812.11	-1.616

* p< .05

혈관이완제(나이트로프루사이드) 사용량은 비박동성 관류군에서 최고 3.33μg/kg/min을 사용하였고 최저 0.11μg/kg/min을 사용하여 평균 1.49μg/kg/min이었고 체외순환중 혈압을 떨어뜨리기 위해 나이트로프루사이드와 함께 펜타닐(Fentanyl)을 사용한 대상자가 1명, 히드라진(Hydralazine)을 사용한 대상자가 1명 있었다. 박동성 관류군에서는 최고 사용량이 0.64μg/kg/min이었고 3명의 대상자는 혈관이완제를 사용하지 않았다. 평균 사용량은 0.17μg/kg/min이었고 체외순환동안 혈압을 유지하기위해 혈관수축제인 페닐레프린(phenylephrine)을 사용한 대상자가 2명 있었다. 체외순환동안 사용한 혈관이완제 사용량은 두 군간에 유의한 차이가 있었다(표 10).

<표 10> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈관이완제 사용량

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (μg/kg/min)	박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (μg/kg/min)	Z
체외순환동안	1.49±1.26	0.17±0.20	-2.954*

* p< .05

체외순환동안인 대동맥 차단직후와 체외순환 60분후의 심박출지수는 심폐기조절에 의한 관류속도로 심폐기 전문 간호사가 관류속도를 2.0-2.2 L/min/m^{2}로 조절하였고 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 유의한 차이는 없었다.

심박출지수는 비박동성 관류군에서 마취유도후에 2.46 L/min/m^{2}로 마취전보다 감소하였으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 흉골절개 봉합후에는 2.60 L/min/m^{2}로 증가하였고 중환자실 도착직후에는 3.12L/min/m^{2}로 증가하였으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 술후 1일에 4.41L/min/m^{2}로 비박동성 관류군에서 가장 증가한 상태였으며 통계적으로 유의미하였다. 박동성 관류군에서는 마취유도후에 심박출지수가 감소하여 흉골절개 봉합후에 2.21L/min/m^{2}로 가장 낮아진 상태였으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 중환자실 도착직후에 증가하여 술후 1일에는 4.03L/min/m^{2}로 가장 증가한 상태였으며 마취전과 비교하여 유의한 차이를 보였다(표 11).

<표 11>측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 심박출지수

n=20

측정시기	비박동성 관류군(n=10)		박동성 관류군(n= 10)	
	평균±표준편차 (L/min/m^2)	Z	평균±표준편차 (L/min/m^2)	Z
마취전	2.85±0.52		2.70±0.63	
마취유도후	2.46±0.48	-1.376	2.51±0.31	-1.988*
흉골절개 봉합후	2.60±0.62	-1.172	2.21±0.45	-1.887
중환자실 도착직후	3.12±1.30	-.561	2.41±0.32	-1.703
술후 1일	4.41±0.79	-2.701*	4.03±0.89	-2.703*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 심박출지수를 비교하면(표 12) 마취전에 비박동성 관류군이 2.85L/min/m^{2}이고 박동성 관류군이 2.70L/min/m^{2}으로 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 심박출지수가 높았으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 마취유도후에는 박동성 관류군이 비박동성 관류군보다 높았으나 유의한 차이는 없었다. 흉골절개 봉합후, 중환자실 도착직후, 술후 1일에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 심박출지수가 높았으나 두 군간에 통계적으로 유의미하지 않았다.

<표 12> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 심박출지수

n=20

자료수집시기	비박동성 관류군(n=10) 평균±표준편차 (L/min/m^2)	박동성 관류군(n= 10) 평균±표준편차 (L/min/m^2)	Z
마취전	2.85±0.52	2.70±0.63	-1.059
마취유도후	2.46±0.48	2.51±0.31	-1.933
흉골절개 봉합후	2.60±0.62	2.21±0.45	-1.286
중환자실 도착직후	3.12±1.30	2.41±0.32	-1.021
술후 1일	4.41±0.79	4.03±0.89	-.882

D. 비박동성 관류와 박동성 관류에서의 신장기능 변화

비박동성 관류와 박동성 관류에서의 신장기능은 소변 배출량, 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌을 측정하였다.

소변 배출량은 비박동성 관류군에서 체외순환 동안 9.27ml/kg/hr로 가장 많았으며 체외순환전보다 유의미하게 증가하였다. 체외순환후에는 6.66ml/kg/hr로 감소하였고 술후 1일에는 2.28ml/kg/hr로 감소하여 가장 소변 배출량이 적은 상태로 체외순환전과 유의한 차이를 보였다. 박동성 관류군에서도 체외순환후에 소변 배출량이 8.33ml/kg/hr로 가장 증가된 상태였으며 통계적으로 유의미하였다. 체외순환후에도 소변 배출량이 8.71ml/kg/hr로 체외순환전보다 증가한 상태였으며 통계적으로 유의미하였다. 술후 1일에는 2.52ml/kg/hr로 감소하여 유의한 차이를 보였다(표 13).

<표 13> 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 소변배출량

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10)		박동성 관류군 (n=10)	
	평균±표준편차 (ml/kg/hr)	Z	평균±표준편차 (ml/kg/hr)	Z
체외순환전	5.45±2.92		4.58±2.02	
체외순환동안	9.27±2.93	-2.395*	8.33±2.09	-2.701*
체외순환후	6.66±3.61	-.866	8.17±2.68	-2.497*
술후 1일	2.28±0.82	-2.701*	2.52±0.56	-2.497*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 소변 배출량을 비교하면(표 14) 체외순환전과 체외순환동안에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 소변 배출량이 많았으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 체외순환후에는 비박동성 관류군이 6.66ml/kg/hr, 박동성 관류군이 8.17ml/kg/hr으로 박동성 관류군에서 소변 배출량이 많았으나 유의한 차이는 없었다. 술후 1일에는 두 군 모두 소변 배출량이 감소하였으며 두 군간에 통계적으로 차이가 없었다.

<표 14> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 소변배출량

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (ml/kg/hr)	박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (ml/kg/hr)	Z
체외순환전	5.45±2.92	4.58±2.02	-.832
체외순환동안	9.27±2.93	8.33±2.09	-.718
체외순환후	6.66±3.61	8.17±2.68	-1.663
술후 1일	2.28±0.82	2.52±0.56	-1.436

혈청 BUN은 비박동성 관류군에서 체외순환후에 11.7mg/dl로 체외순환전보다 통계적으로 유의미하게 감소하였다. 술후 1일에는 14.5mg/dl로 체외순환전 상태로 증가하였다. 박동성 관류군에서는 체외순환전 17.2mg/dl과 비교하여 체외순환후에 11.4mg/dl로 감소하여 통계적으로 유의미하였다. 술후 1일에는 13.4mg/dl로 체외순환후보다는 증가하였으나 체외순환전과 비교하여 유의한 차이를 보였다(표 15).

<표 15> 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈청 BUN

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10)		박동성 관류군(n=10)	
	평균±표준편차 (mg/dl)	Z	평균±표준편차 (mg/dl)	Z
체외순환전	15.03±4.39		17.21±5.56	
체외순환후	11.70±4.37	-1.988*	11.40±4.72	-2.803*
술후 1일	14.50±4.50	-.409	13.40±5.10	-2.666*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 혈청 BUN을 비교해 보면(표 16) 체외순환전에는 비박동성 관류군이 15mg/dl, 박동성 관류군이 17mg/dl로 박동성 관류군이 더 높았으나 통계적으로 유의미하지 않았다. 체외순환후에는 비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 혈청 BUN이 가장 감소된 상태였으며 두 군간에 차이가 없었다. 술후 1일에는 비박동성 관류군이 14mg/dl, 박동성 관류군이 13mg/dl로 박동성 관류군에서 더 낮았으나 통계적으로 유의미하지 않았다.

체외순환전과 비교하여 혈청 BUN이 체외순환후나 술후 1일에 증가한 대상자가 비박동성 관류군에서 2명 있었고 박동성 관류군에는 한명도 없었다. 그러나 혈청 BUN이 정상 범위내에서 증가하였다.

<표 16> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈청 BUN

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (mg/dl)	박동성 관류군(n=10) 평균±표준편차 (mg/dl)	Z
체외순환전	15.03±4.39	17.21±5.56	-.832
체외순환후	11.70±4.37	11.40±4.72	-.038
술후 1일	14.50±4.50	13.40±5.10	-1.065

혈청 크레아티닌은 비박동성 관류군에서는 체외순환전과 비교하여 체외순환후에 1.11mg/dl이고 술후 1일에는 체외순환전 상태로 되었으며 통계적으로 유의미하지 않았다. 박동성 관류군에서는 체외순환후에 혈청 크레아티닌이 0.80mg/dl로 감소하여 유의한 차이가 있었으며 술후 1일에도 0.81mg/dl로 감소된 상태가 유지되었으며 통계적으로 유의미하였다(표 17).

<표 17> 측정시기에 따른 비박동성 관류군과 박동성 관류군의 혈청 크레아티닌

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10)		박동성 관류군 (n=10)	
	평균±표준편차 (mg/dl)	Z	평균±표준편차 (mg/dl)	Z
체외순환전	1.03±0.25		0.98±0.24	
체외순환후	1.11±0.89	-1.418	0.80±0.21	-2.701*
술후 1일	1.00±0.25	-1.000	0.81±0.21	-2.701*

* $p < .05$

비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 혈청 크레아티닌을 비교하면(표 18) 체외순환전의 혈청 크레아티닌은 비박동성 관류군에서 1.03mg/dl이고 박동성 관류군에서 0.98mg/dl로 유의한 차이가 없었다. 체외순환후에는 비박동성 관류군이 1.11mg/dl로 체외순환전 상태로 유지된 반면 박동성 관류군에서는 0.80mg/dl로 감소하였다. 그러나 두 군간에는 통계적으로 유의미하지 않았다. 술후 1일에 비박동성 관류군에는 가장 낮은 상태인 1.00mg/dl였고 박동성 관류군에서는 체외순환후에 감소된 혈청 크레아티닌이 유지되어 체외순환전 보다 감소된 상태였다. 그러나 두 군간에 유의한 차이는 없었다.

체외순환전과 비교하여 체외순환후나 술후 1일에 혈청 크레아티닌이 증가한 대상자가 비박동성 관류군에서 5명 있었고 박동성 관류군에서는 한명도 없었다. 비박동성 관류군에서의 혈청 크레아티닌은 정상 범위내에서의 증가였다.

<표 18> 비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 혈청 크레아티닌

n=20

측정시기	비박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (mg/dl)	박동성 관류군 (n=10) 평균±표준편차 (mg/dl)	Z
체외순환전	1.03±0.25	0.98±0.24	-.457
체외순환후	1.11±0.89	0.80±0.21	-.538
술후 1일	1.00±0.25	0.81±0.21	-1.642

V. 논 의

A. 관류법에 따른 혈류역학

비박동성 관류법과 박동성 관류법을 적용한 체외순환에서 혈류역학에 대한 지표로 평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민, 혈관이완제 사용량, 심박출지수에 대해 살펴보았다.

체외순환을 시작하면서 낮아진 말초혈관저항은 수분 후에 증가하며 이에 따라 평균동맥압도 상승하게 된다(Estafanous, Tarazi, 1980). 본 연구에서 체외순환 60분후의 평균동맥압은 비박동성 관류군에서 72mmHg으로 대동맥차단직후 평균동맥압인 63mmHg보다 증가한 상태였고 박동성 관류군에서 61mmHg로 대동맥차단직후인 60mmHg와 차이가 없었다. 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 평균동맥압이 높은 상태였으며 통계적으로 유의미하였다. 이와 같은 결과는 Minami (1990), Louaige(1992), Frater(1980)의 연구에서 체외순환중에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 평균동맥압이 유의미하게 높다는 것과 일치한다. 그러나 Badner, Doyle(1997)의 연구에서는 체외순환중에 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 평균동맥압이 차이가 없었다고 하며 다만 혈압유지를 위해 사용한 혈관수축제 사용에 따라 유의한 차이를 나타낸다고 하였다. Louaige(1992)의 연구에서도 혈압유지를 위해 박동성 관류군의 60%가 혈관수축제를 사용하였고 비박동성 관류군에서는 20%가 혈관수축제를 사용하여 통계학적으로 의미있는 차이를 보였다. 본 연구에서는 대상자 20명중에 체외순환중 평균동맥압을 50-70mmHg로 유지하게 위해 박동성 관류군에서는 혈관수축제인 페닐레프린(phenylephrine)을 사용한 대상자가 2명 있었으나 비박동성 관류군에서는 체외순환중에 혈관수축제를 사용한 대상자가 없었다.

비박동성 관류가 말초혈관저항 수준을 점진적으로 상승시킨다는 것에 대해서 연구자들 사이에서 일치가 되고 있으며(Levin, 1981; Taylor, 1978a) Minami (1990), Louaige(1992), Frater(1980)의 연구 결과들도 체외순환중에 말초혈관저항

이 박동성 관류군에서 유의미하게 낮음을 보여준다. 본 연구에서는 체외순환 60분 경과 후에 말초혈관저항이 비박동성 관류군에서는 평균 1660dyne・cm^5/sec이고 박동성 관류군에서는 1440dyne・cm^5/sec으로 박동성 관류군이 더 낮았지만 유의한 차이를 보이지 않았다. Badner, Doyle(1997)의 연구에서도 체외순환중의 말초혈관저항이 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 차이가 없게 나타났는데 연구자는 박동성 관류군에서 혈압유지를 위해 더 많은 혈관수축제의 사용으로 말초혈관저항의 감소가 없었다고 설명하였다. 본 연구에서는 체외순환중 평균동맥압을 50-70mmHg로 유지하기 위해 사용한 혈관이완제와 혈관수축제의 사용량 차이와 자료측정시기인 체외순환 60분후보다 전에 재가온을 적용한 대상자가 있어 관류속도의 차이가 생겨 박동성 관류군과 비박동성 관류군간에 말초혈관저항이 유의한 차이를 보이지 않았다고 생각된다. 즉 체외순환중에 사용한 혈관이완제(나이트로푸르사이드)의 사용량이 비박동성 관류군에서는 1.49μg/kg/min이고 박동성 관류군에서는 0.17μg/kg/min이었고 비박동성 관류군에서는 나이트로푸르사이드와 함께 혈압을 낮추기 위해 펜타닐을 사용한 대상자가 1명, 히드라진을 사용한 대상자가 1명 있었다. 그러나 박동성 관류군에서는 평균동맥압을 올리기 위해 혈관수축제를 사용한 대상자가 2명 있었기 때문에 두 군간에 말초혈관저항이 유의한 차이를 보이지 않았다고 생각된다. 또한 자료측정시기인 체외순환 60분에 재가온 상태인 대상자가 있어 두 관류법에 따른 말초혈관저항의 차이를 보여주는데 영향을 미쳤다고 생각된다. 체외순환중의 말초혈관저항을 측정한 시기가 체외순환 60분후였는데 이 시기에 재가온을 한 대상자가 비박동성 관류군에서는 5명, 박동성 관류군에서는 4명으로 비박동성 관류군에서 1명 더 많았다. 재가온을 하게 되면 빠른 체온상승을 위해 관류속도를 증가시키고 마취유도제를 사용하게 된다. 본 연구에서는 재가온시에 Midazolam 2.5mg을 환자에게 사용했는데 이 약물은 매우 빠른 약물 작용시간을 보이는 마취유도제로 정맥주사시 혈압, 심박출량 및 혈관저항을 감소시킨다고 한다(김종래, 1996). 체외순환 60분 경과시 재가온한 대상자를 관류법에 따라 비교해보면 비박동성 관류군에서 관류속도가 4.2L/min이고 박동성 관류군에서 3.5L/min으로 비박동성 관류군에서 관류속도가 더 높았으며 통계적으로 유의미하였다. 말초혈관저항은 비박동성 관류군에서 1298dyne・cm^5/sec, 박동성

관류군에서 1386dyne・cm^5/sec으로 박동성 관류군이 더 높았다. 그러나 평균동맥압은 비박동성 관류군이 67mmHg이고 박동성 관류군은 61mmHg로 박동성 관류군에서 더 낮았다. 재가온을 하지 않은 대상들에서 체외순환 60분 경과시 관류속도가 비박동성 관류군에서 3.2 L/min, 박동성 관류군에서 3.4L/min였고 말초혈관저항은 비박동성 관류군에서 2011dyne・cm^5/sec, 박동성 관류군에서는 1477dyne・cm^5/sec이었다. 평균동맥압은 비박동성 관류군이 78.8mmHg, 박동성 관류군이 61.8mmHg로 비박동성 관류군에서 말초혈관저항과 평균동맥압이 높은 상태였다. 말초혈관저항은 관류법의 특성보다 관류속도의 변화에 의해 의미있는 영향을 받는다고 하는데(Alston, Murray, McLaren, 1990) 재가온을 체외순환 60분 전에 시작함으로써 자료수집 시기인 체외순환 60분후에 관류속도를 올리게 되어 두 관류법간에 관류속도에 차이가 생겨 말초혈관저항의 차이가 유의하지 않게 되었다고 생각된다.

본 연구에서는 마취유도후, 대동맥 차단직후, 체외순환 60분후, 흉골절개 봉합후에 혈장 카테콜아민(에피네피린, 노어에피네피린)을 측정하였는데 혈장 에피네피린은 두 군 모두에서 체외순환을 시작하면서 유의미하게 증가하여 체외순환 60분후에 가장 많이 분비가 되었고 흉골절개 봉합후에 감소하였다. 비박동성 관류군과 박동성 관류군을 비교하면 체외순환전에는 비박동성 관류군에서 혈장 에피네피린의 수치가 높았고 체외순환후에는 박동성 관류군에서 혈장 에피네피린의 수치가 증가된 상태였으나 두 군간 통계적으로 유의미하지 않았다. 박동성 관류를 적용하여 혈장 에피네피린을 측정한 다른 연구들과 비교하면 Reves(1982)는 비박동성 관류법을 적용한 연구에서 체외순환을 시작하면서 혈장 에피네피린이 증가하여 대동맥 차단제거 직전에 가장 증가하고 그 이후로는 감소한다고 하였는데 이것은 본 연구의 결과와 일치한다. Minami(1990)의 연구에서 비박동성 관류군에서는 체외순환중에 증가하고 박동성 관류군에서는 체외순환후 2시간에 가장 증가한다는 연구결과와는 일치하지 않으며 체외순환시에 증가하여 중환자실에서 가장 증가한다는 Landymore (1979)의 연구결과와도 일치하지 않는다. 그리고 두 군간의 비교에서 박동성 관류군에서 유의미하게 혈장 에피네피린이 낮게 나왔다는 Minami(1990)의 연구결과와 일치하지 않으며 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에

혈장 에피네피린의 차이가 없었다는 Landymore(1979)의 연구 결과와 일치한다.

본 연구에서 혈장 노어에피네린은 체외순환을 시작하면서 증가하는데 비박동성 관류군에서는 체외순환중 증가하다가 체외순환후 감소하지만 박동성 관류군에서는 체외순환중 혈장 노어에피네피린이 증가하지만 비박동성 관류군 보다는 유의미하게 분비량이 적었고 체외순환후에 감소하지 않았다. 혈장 노어에피네피린은 체외순환동안에 두 군간에 유의한 차이가 있었다. 이것은 박동성 관류가 혈장 노어에피네피린에 영향을 준다는 Minami(1990)의 연구결과와는 일치하지만 박동성 관류가 혈장 노어에피네피린의 분비에 영향을 미치지 않는다는 Landymore (1979)의 연구결과와는 일치하지 않는다. 본 연구에서 박동성 관류법을 적용하였을 때 혈장 에피네피린에는 영향을 미치지 않지만 혈장 노어에피네피린에는 영향을 미치는 것으로 나타났다. 체외순환중 비박동성 관류군에서 혈장 에피네피린의 수치가 박동성 관류군보다 낮았지만 혈장 노어에피네피닌의 수치가 통계학적으로 유의미하게 박동성 관류군보다 높았기 때문에 체외순환중 비박동성 관류군에서 평균동맥압과 말초혈관저항이 높았고 혈관이완제의 사용량이 더 많았다고 생각된다.

체외순환후에는 비박동성 관류와 저체온증 적용으로 말초혈관저항이 증가하여 술후에 고혈압을 유발한다고 한다. Minami(1990)의 연구에서는 체외순환후에 박동성 관류군에서 혈장 카테콜아민의 분비가 의미있게 감소하여 말초혈관저항과 평균동맥압이 의미있게 감소하였다. Landymore(1979)의 연구에서는 말초혈관저항이 중환자실 도착직후에는 박동성 관류군에서 의미있게 감소하지만 체외순환 5시간후에는 박동성 관류군에서도 말초혈관저항이 증가한다고 하였다. 본 연구에서는 체외순환후에 비박동성 관류군과 박동성 관류군 모두 말초혈관저항이 증가하여 평균동맥압이 마취전 상태로 높아졌다. 말초혈관저항은 두 군 모두 술후 1일에 정상 범위로 낮아졌으며 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 체외순환후와 술후 1일의 말초혈관저항에는 차이가 없었다. 이것은 Frater(1980)의 연구와 Lougie (1992)의 연구결과와 같은 것으로 박동성 관류법을 적용하였을 때 체외순환동안에는 말초혈관저항과 평균동맥압을 유의미하게 낮게 하지만 체외순환후에는 박동성 관류법이 말초혈관저항에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 박동성 관류법이 체외순환후 말초혈관저항을 낮추는데 실패한 이유에 대해 여러 연구자들은 4가지

원인을 제시하고 있다. 첫 째는 관류속도의 문제로 Frater(1980)와 Louagie (1992)는 체외순환동안 고속관류(2.4-3L/min/m^2)인 경우에 박동성 관류적용시 술후 말초혈관저항이 낮아지지 않았다고 하였다. 그러나 Minami(1990)의 연구에서는 관류속도가 2.4L/min/m^{2}로 앞의 두 연구와 차이가 없었음에도 불구하고 체외순환후 박동성 관류에서 말초혈관저항과 평균동맥압이 유의미하게 감소한 반면 본 연구에서 체외순환동안 관류속도가 2.0-2.2L/min/m^{2}이고, Badner(1997)의 연구에서는 관류속도가 2.0-2.5 L/min/m^2 으로 고속관류가 아님에도 불구하고 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 말초혈관저항의 차이가 유의하지 않았으므로 관류속도의 차이를 원인으로 생각할 수 없다. 둘 째로 제시하는 것은 체외순환시간의 문제로 Wesolowski 등(1955)은 전체 체외순환시간이 2시간 이내의 경우에는 두 군간에 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서는 체외순환시간이 비박동성 관류군에서 평균106분, 박동성 관류군에서 평균 101분으로 두 시간을 초과하지 않았다. 그러나 Minami(1990)의 연구에서 체외순환시간이 두 군 모두 100분을 초과하지 않았으나 박동성 관류군에서 말초혈관저항의 차이를 보인 반면에 Frater(1980)에서는 체외순환시간이 평균 150분이고 Louagie (1992)의 연구에서는 체외순환시간이 평균 130분이었지만 박동성 관류군과 비박동성 관류군간에 말초혈관저항의 차이가 없었다. 세 번째로는 박동성 관류의 특성을 제시한다. 박동성 관류법을 적용하여 술후 말초혈관저항의 차이를 나타내는데 실패한 Badner(1997)는 박동성 관류시 맥압이 평균 16mmHg로 Minami(1990)의 연구에서의 맥압이 30mmHg인것과 비교하여 낮았던 것이 영향을 미쳤다고 하였다. 본 연구에서는 박동성 관류군에서 맥압이 19-27mmHg로 평균 23mmHg였는데 이것이 박동성 관류법의 장점을 충분히 살리지 못한 이유가 될 수 있다. 하지만 Louagie (1992)의 연구에서의 맥압이 32-36mmHg로 유지되었음에도 불구하고 체외순환후 말초혈관저항을 감소시키지 못하였다. 박동성 관류의 특성은 체외순환시 사용하는 심폐기, 산화기, 대동맥 캐뉼라의 종류에 의해 영향을 받으며(Undar, 1999), 현재 체외순환시 사용하는 롤러펌프는 미국에서 박동성 관류법 적용시 대부분 사용하고 있는데 다른 종류의 박동성 펌프보다 박동성의 힘이 약하다는 연구 결과가 나왔다(Wright, 1983). 본 연구에서 사용한 심폐기, 산화기와 대동맥 캐뉼라가 Minami(1990)의 연구에서 사용

한 것과 달랐으며, 롤러 펌프를 사용하여 박동성 관류를 적용한 것이 박동성 관류군에서 체외순환후 말초혈관저항을 낮추지 못하는데 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 네 번째는 혈장 카테콜아민으로 Minami (1990)의 연구에서는 혈장 카테콜아민이 체외순환후에 박동성 관류군에서 유의미하게 감소하여 말초혈관저항이 감소하였다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 체외순환후인 흉골절개 봉합후에 측정한 혈장카테콜아민(노어에피네피린, 에피네피린)이 두 군간에 차이가 없었다. 박동성 관류법을 적용하여 체외순환동안과 후에 혈장 카테콜아민의 분비가 감소되고 말초혈관저항과 평균동맥압이 비박동성 관류법보다 유의미하게 낮았던 Minami (1990)의 연구와 본 연구를 비교하면 위에서 제시한 관류속도, 박동성의 특성이외에 연구대상자의 나이와 저체온법을 적용한 것에서 차이가 있었다. 본 연구의 대상자들은 평균 65세로 Minami(1990)의 연구에서의 대상자 평균 연령인 53-55세보다 평균 10세정도 더 높았다. 혈장 카테콜아민은 나이가 많을수록 스트레스 상황에서 분비가 증가한다고 한다(Pinz 등, 1989). 그러나 체외순환중에 혈장 카테콜아민은 Minami (1990)의 연구에서 혈장 에피네피린의 최고치가 비박동성 관류군에서 1912±160pg/ml로 본 연구에서의 최고치인 957±805pg/ml보다 분비량이 더 많았고 혈장 노어에피네피린은 두 연구에서 분비량이 비슷하였다. 대상자의 연령이 본 연구에서 더 높았음에도 불구하고 혈장 카테콜아민의 분비가 Minami(1990)의 연구에서 많았던 것은 본 연구가 정상체온 체외순환(34℃로 유지)을 적용한 반면에 Minami(1990)의 연구는 저체온증을 적용하였기 때문에 혈장 카테콜아민의 분비가 증가하였다고 생각된다. Reed 등(1989)의 연구에 의하면 체온이 28℃로 떨어졌을 때 혈장 카테콜아민의 분비량은 가장 많이 증가한다고 하며 저체온상태에서 재가온을 하면 체온이 35℃이상이 되었을 때 혈장 카테콜아민의 분비가 다시 증가한다고 한다. 그러므로 Minami (1990)의 연구에서 체온을 24-25℃로 하는 저체온증을 적용하였기 때문에 본 연구보다 혈장 카테콜아민의 분비가 많았고 두 군간에 유의한 차이가 있었다고 생각된다. 또한 저체온증 체외순환을 적용한 후에는 수술후 중환자실에서 종종 체온하강을 보이는 후하강 현상이 발생하게 되는데, 후하강은 수술후 환자에게 혈류역학적 불안정을 일으킬 수 있으며 혈장 카테콜아민의 분비를 증가시킨다고 한다(김원곤, 노준량, 1996; Reed 등, 1989). Reed 등

(1989)의 연구에 의하면 대상자들을 37℃로 재가온을 한 후 체외순환 4시간 경과 후에 체온이 35℃로 떨어졌는데 이 때 카테콜아민 분비가 가장 많았다고 한다. Frank(1995)의 연구에서도 수술후 체온이 1.5℃정도 떨어진 그룹이 체온이 유지된 그룹보다 혈장 카테콜아민 분비가 유의하게 증가하였다고 한다. Minami(1990)의 연구에서 체외순환 2시간후에 비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 혈장 카테콜아민의 분비량이 많았으며 두 군간에 유의한 차이가 있었다고 하였는데 이것은 저체온증 체외순환을 적용하였기 때문에 체외순환후 후하강 현상이 발생하여 체외순환 2시간후에 혈장 카테콜아민이 증가한 것으로 생각된다. 그리고 박동성 관류군과 비박동성 관류군에서의 차이는 재가온시 박동성 관류법을 적용하면 체온이 균등하게 올라가기 때문에 박동성 관류군에서 수술후 후하강 현상이 비박동성 관류군에서보다 덜 발생했을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서는 정상체온 체외순환을 적용하였기 때문에 체외순환후 체온이 떨어지는 후하강현상이 발생하지 않아 비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 흉골절개 봉합후에 혈장 카테콜아민의 분비가 증가하지 않았으며 두 군간에 차이가 없었다고 생각된다.

심박출지수는 체외순환전, 체외순환후에 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 차이가 없었으며 술후 1일에 두 군 모두 의미있게 증가하였다. 이 결과는 술후에 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 심박출지수에 차이가 없다는 Minami (1990)의 연구와 Badner(1997)의 연구 결과와 일치하고 있다.

본 연구에서는 체외순환동안 비박동성 관류군과 박동성 관류군 적용하였을 때 혈류역학적 변화가 비박동성 관류법에서 더 많이 있었다. 비박동성 관류법에서 평균동맥압은 박동성 관류보다 유의미하게 증가하였고 말초혈관저항은 통계적으로 유의미하지는 않았으나 비박동성 관류군에서 증가하였다. 혈관이완제 사용량과 혈장 노어에피네피린은 유의한 차이를 보였다. 그러나 체외순환후에는 두 군간에 혈류역학적으로 유의한 차이가 없었다. 이것은 본 연구에서 정상체온 체외순환을 적용하였기 때문에 술후 후하강 현상이 발생하지 않아 체외순환후 혈장 카테콜아민이 증가하지 않았고 두 관류법간에 혈장 카테콜아민, 말초혈관저항, 평균동맥압의 차이가 없게 되었다고 생각된다. 또한 본 연구에서 적용한 박동성의 특성도 체외순환후 환자의 혈류역학에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

관상동맥수술후 환자의 상태에 관한 문헌을 살펴보면 관상동맥 우회술후의 사망률은 3.4%이고 위험요인이 없는 환자의 사망률은 0.4%로 감소한다고 한다. 사망률을 증가시키는 요인으로는 나이, 성별(여자), 심근경색, 좌심실기능, 만성적인 울혈성 심부전, 만성 폐질환, 심각한 신경학적 기능저하, 혈청 크레이티닌, 폐고혈압, 심내막염, 비안정성 협심증, 응급수술, 심각한 술전 상태, 심장질환의 과거력등이 있다(Roques, 1999). 또한 체외순환동안과 체외순환후의 혈류역학적 문제는 환자의 사망률, 술후 심근경색, 뇌졸중의 발생에 영향을 미친다고 하는데(Reich, 1999) 특히 술전에 좌심실부전이 있는 환자에게서 사망률, 술후 심근경색, 뇌졸중의 발생이 높다고 한다. 본 연구에서는 대상자들의 평균 연령이 65세였고 그 중 70세이상인 대상자가 4명이나 있었지만 여성 환자의 비율이 낮았고 계획된 수술만을 대상으로 하였고 대상자 선정기준에 따라 선택하였기에 술전 위험요인의 영향을 받지 않았다고 할 수 있다. 그러므로 다음 연구에서는 위에 열거한 위험요인을 가진 환자들을 대상으로 하여 체외순환중에 혈류역학의 변화가 적은 박동성 관류법을 적용하는 것이 필요하다고 생각한다.

B. 관류법에 따른 신장기능

심장수술시 신부전의 발생은 1.2-13%이지만 신부전이 심해서 투석까지 하게 되면 사망률은 25-100%로 높아지기 때문에 술후 급성 신부전에 대한 관심을 가지게 된다(Yeboah ED, 1972; Gailiunas, 1980; Rasmussen, 1982; Koning, 1985; Lange, 1987). 체외순환후 신장기능의 저하를 예방하기 위해 박동성 관류법을 적용하여 소변 배출량, 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌의 수치로 비박동성 관류군과 신장기능을 비교하였다.

소변배출량은 체외순환전과 비교하여 체외순환동안 두 군 모두에서 증가하였다. 체외순환 동안 혈액희석과 저체온법은 신장기능에 영향을 미치는데 혈액희석은 혈액점도를 감소시킴으로써 신장 관류를 적절히 유지시켜 소변 배출량을 증가시키고 요중의 나트륨, 포타슘, 크레아타닌을 감소시켜 신장의 바깥 피질의 혈류를 증가시키고 신부전을 감소시킨다(김원곤, 1996). 그러나 저체온증은 신피질의 혈류를 감소시키고 세뇨관 기능을 저하시켜 신장기능저하를 일으키는 주요 요인이 된다. 본 연구에서는 비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 혈액이 희석된 상태였고(헤마토크리트 : 19-22%) 체온을 내리지 않고 34℃로 유지하면서 정상체온 체외순환을 적용하였기 때문에 체외순환전과 비교하여 체외순환동안 두 군 모두에서 소변 배출량이 유의미하게 증가하였다.

비박동성 관류군과 박동성 관류군간의 소변 배출량을 비교하면 체외순환전과 체외순환중에는 비박동성 관류군에서 소변 배출량이 많았고 체외순환후와 술후 1일에는 박동성 관류군에서 소변 배출량이 많았다. 박동성 관류법을 적용하였을 때 소변 배출량에 대한 연구들은 비박동성 관류법과 비교하여 소변 배출량이 증가한다는 결과(선경,1985; Song, 1997)와 소변 배출량이 적거나 변화가 없다는 결과(이동준,1984; Louagie, 1992)를 보여주고 있다. Louagie(1992)의 연구에서는 박동성 관류군에서 소변 배출량이 비박동성 관류군보다 유의미하게 적었는데 이것은 체외순환동안 박동성 관류군에서 평균동맥압이 유의미하게 낮았던 것이 소변 배출량의 감소와 관련이 있다고 하였다. 본 연구에서도 체외순환동안 평균동맥압이 박

동성 관류군에서 유의미하게 감소하였기 때문에 체외순환동안 박동성 관류군에서 소변 배출량이 적었다고 생각된다. 체외순환후에 박동성 관류군에서 소변 배출량이 증가하였는데 이것은 체외순환을 종료하기 전이나 종료후에 높아진 혈중 포타슘의 수치를 낮추기위해 이뇨제를 사용한 대상자가 비박동성 관류군에서는 1명이었으나 박동성 관류군에서는 3명으로 두 군간에 차이가 있는것과 관련이 있다고 볼 수 있다. 또한 체외순환동안 신장 손상을 예방하기 위해 도파민을 사용하는데 체외순환전에 마취과 의사가 소변 배출량을 관찰하여 1cc/hr/kg미만인 경우에 저용량(≤2mg/kg/min)의 도파민을 사용한다. 본 연구에서는 비박동성 관류군에서 4명이 도파민을 사용하였고 박동성 관류군에서 6명이 도파민을 사용하였다. 이뇨제의 사용과 도파민의 사용으로 체외순환후 소변 배출량이 박동성 관류군에서 더 많아졌다고 할 수 있다. 도파민의 사용과 이뇨제의 사용으로 체외순환후 소변 배출량에 대한 박동성 관류법의 효과를 알 수 없기 때문에 연구 대상자들을 박동성 관류법 적용과 도파민 사용여부에 따라 4군으로 나누어 소변 배출량을 살펴보았다. 체외순환전, 체외순환중, 체외순환후, 술후 1일째의 소변 배출량을 크러스칼 - 월리스의 순위에 의한 일원배치 분산분석을 하였는데 4군간에 통계학적으로 유의미한 차이가 없었다. 그러나 4군중에 박동성 관류군과 도파민을 사용한 군에서 체외순환중과 체외순환후, 술후 1일에 소변 배출량이 가장 많았고 비박동성 관류군과 도파민을 사용한 군에서 체외순환후에 소변 배출량이 감소하여 술후 1일에는 가장 적었다. 도파민은 저용량(≤2mg/kg/min)에서 선택적으로 도파민 수용체만을 자극하여 신장 관류의 증가 및 이뇨작용을 일으키는데(김원곤, 1996) 많은 연구들이 도파민이 신기능저하를 예방하거나 치료한다고 발표하고 있지만 효과가 없다는 연구결과들도 많이 발표되고 있다(Mora, 2000). 본 연구에서는 통계학적으로 의미가 있지는 않았지만 박동성 관류군과 도파민을 사용한 군에서 체외순환동안, 체외순환후와 술후 1일에 소변 배출량이 가장 많았다. 현재 도파민과 박동성 관류를 함께 적용하였을 때의 신장기능에 미치는 영향에 대해 발표된 연구가 없으며 본 연구의 결과는 대상자수가 적어 결과를 일반화하기에 문제가 있으므로 도파민 사용과 박동성 관류를 함께 사용했을 때의 효과를 살펴보는 연구가 필요하다고 생각된다.

비박동성 관류법과 박동성 관류법을 사용한 두 그룹에서 혈청 BUN과 혈청 크레아티닌치를 살펴보면 혈청 BUN는 비박동성 관류군에서 중환자실 도착직후에 감소하지만 술후 1일에는 체외순환전 상태로 증가하였다. 박동성 관류군에서 중환자실 도착직후와 술후 1일에 유의미하게 감소하였다. 두 군 모두에서 정상범위보다 증가한 대상자는 없었다. 혈청 크레아티닌은 비박동성 관류군에서 중환자실 도착직후에 증가하나 술후 1일에는 체외순환전 상태로 감소하였다. 박동성 관류군에서는 중환자실 도착직후와 술후1일에 유의미하게 감소하였다. 이것은 수술직후와 술후 1일에 크레아티닌 제거율과 뇨산 제거율이 박동성 관류군에서 증가한다는 이동준(1984)의 연구결과와 일치하며 박동성 관류가 비박동성 관류보다 신기능 손상을 적게 준다는 선경(1985)의 연구결과와 일치한다. 그러나 비박동성 관류군과 박동성 관류군에서 술후 혈청 크레아티닌치와 혈청 BUN의 수치가 수술전보다 유의미하게 증가한 선경(1985)의 연구결과와는 일치하지 않는다. 이것은 현대의 체외순환기술과 기기의 발달로 신기능에 손상을 덜 준다고 하는 Weinstein(1989)의 연구와 정상체온 체외순환에서는 체외순환시간이 짧기 때문에 술후 1일에 신기능저하가 저체온증 체외순환보다 적다는 Christenson(1995)의 연구결과로 설명할 수 있다. 즉 본 연구에서는 체온을 34℃로 유지하는 정상체온 체외순환법을 적용하였고 대상자 20명중 17명이 체외순환시간이 120분을 초과하지 않았고 3명만이 120분을 초과하였기 때문에 체외순환후 신장기능 저하가 발생하지 않았다고 생각된다.

체외순환후에 신부전 발생을 가져오는 요인에 대해 살펴본 연구들에 의하면 대상자의 요인으로는 연령, 울혈성 심부전, 술전 신기능 저하(혈청 BUN과 혈청 크레아티닌치가 높은 사람), 당뇨가 있었다. 수술과 관련된 요인으로는 관상동맥우회술과 판막수술을 함께한 경우, 체외순환 시간이 긴 경우, 혈관수축제의 사용이 많은 사람과 체외순환동안과 체외순환후에 저박출량 증후군이거나 헤모글로빈 혈증, 핍뇨였다(Mora, 2000). 본 연구에서는 대상자들의 평균 연령이 65세로 다른 연구들에 비해 연령이 높았으나 술전 신장질환이 있거나 체외순환 시간이 3시간 이상인 환자를 대상에서 제외하였고 관상동맥우회술만을 받는 환자로 국한하였기 때문에 연구의 결과는 박동성 관류가 신기능에 미치는 영향을 명백히 보여주지 못했다. 그러나 연구결과 박동성 관류군에서는 체외순환전에 혈청 BUN이 25

mg/dl이상인 대상자에서 신기능에 문제가 발생하지 않았으며 비박동성 관류군에서는 혈청 BUN이나 혈청 크레아티닌이 체외순환후 증가한 사람이 6명 있었고 당뇨가 있는 모든 대상자에서 혈청 BUN이나 혈청 크레아티닌이 체외순환전보다 증가하였다. 박동성 관류군에서는 대상자 모두에서 혈청 BUN이나 혈청 크레아티닌이 증가한 사람이 없었다. 그러므로 수술전에 연령이 높고 당뇨가 있으며 울혈성 심부전이 있고 신기능이 저하된 환자들과 체외순환의 시간이 길어지는 수술(관상동맥 우회술과 판막수술을 함께 하는 경우)을 받는 환자들에게는 박동성 관류를 적용하는 것이 필요하리라고 생각된다.

본 연구의 결과를 종합해 볼 때 박동성 관류법은 체외순환동안 혈장 노어에피네피린의 분비를 감소시켜 말초혈관저항과 평균동맥압의 상승을 예방하며 혈관이완제 사용량을 감소시킴으로써 혈류역학적 변화를 적게한다는 것과 체외순환후 소변배출량을 증가시키고 혈청 BUN과 크레아티닌 수치를 저하시켜 신장기능 손상을 예방한다는 것을 알 수 있었다.

Ⅴ. 결론 및 제언

본 연구는 관상동맥우회술 환자를 대상으로 비박동성 관류법과 박동성 관류법을 적용하여 혈류역학과 신장기능을 비교함으로써 환자에게 생리적 부담을 최소로 하는 관류법을 파악하고자 시도하였다.

연구의 대상자는 서울시에 소재한 일 대학 병원에서 2000년 3월 30일에서 2000년 5월 30일에 관상동맥우회술을 받은 성인 환자중 대상자 선정기준에 따라 비박동성 관류군 10명, 박동성 관류군 10명으로 하였다. 혈류역학으로는 평균동맥압, 말초혈관저항, 혈장 카테콜아민(에피네피린, 노어에피네피린), 혈관 이완제 사용량, 심박출지수를 살펴보았고 신장기능으로는 소변 배출량, 혈청 BUN, 혈청 크레아티닌을 살펴보았다. 자료분석은 SPSS를 이용하여 전산처리 하였으며 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 평균동맥압은 체외순환중에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 높았으며 유의한 차이를 보였다. 그러나 다른 측정시기에는 유의한 차이가 없었다.
2. 말초혈관저항은 체외순환중에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 높았으나 유의한 차이가 없었다. 다른 측정시기에도 두 군간에 차이가 없었다.
3. 혈장 카테콜아민중 에피네피린은 체외순환중에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 낮았으나 유의한 차이를 보이지 않았다. 노어에피네피린은 체외순환중에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 높았으며 유의한 차이를 보였다.
4. 혈관이완제 사용량은 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 많았으며 유의한 차이를 보였다.
5. 심박출지수는 비박동성 관류군과 박동성 관류군간에 차이가 없었다.
6. 소변 배출량은 체외순환중에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 많았으며 체외순환후에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 적었으나 유의한 차이는 없었다.
7. 혈청 BUN은 체외순환전에 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 낮았으나 중환자실 도착직후에는 비박동성 관류군이 박동성 관류군보다 높아졌다. 그러나

두 군간에 유의한 차이가 없었다.

8. 혈청 크레아티닌은 중환자실 도착직후 비박동성 관류군에서 체외순환전보다 증가하였으나 박동성 관류군에서는 의미있게 감소하였다. 술후 1일에는 비박동성 관류군은 체외순환전 상태로 감소하였고 박동성 관류군에서는 중환자실 도착직후 상태로 지속되었다. 두 군간에는 통계적으로 의미가 없었다.

이상과 같이 관상동맥우회술 환자를 대상으로 생리적 부담을 최소화하는 관류법을 살펴보았을 때 박동성 관류법이 체외순환중 혈장 노어에피네피린의 분비를 저하시켜 평균동맥압을 낮추고 말초혈관저항을 감소시키며 혈관이완제의 사용량을 감소시킨다고 생각된다. 또한 신장기능면에서는 체외순환후 소변배출량을 증가시키고 체외순환후 혈청 BUN과 혈청 크레아티닌을 낮춘다.

본 연구의 결과를 기초로 하여 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

1. 관상동맥우회술 환자중 혈류역학적으로 위험요인이 있는 환자(고령자, 여자, 좌심실부전이 있는 자, 응급수술, 심근경색이 있는 자)를 대상으로 박동성 관류법을 적용하기를 제언한다.
2. 체외순환으로 신기능저하를 예상할 수 있는 환자(고령자, 당뇨, 울혈성 심부전, 신기능저하가 있는 자, 체외순환시간이 긴 수술을 받을 사람)를 대상으로 박동성 관류법을 적용하기를 제언한다.
3. 현재 시행하고 있는 정상체온 체외순환이나 신장기능 예방약물 사용(도파민)과 함께 박동성 관류법을 적용한 체외순환에 대한 연구가 필요하다고 제언한다.

참고 문헌

강두희 등(1998). 생리학(개정5판). 서울 : 신광출판사.

김원곤, 노중량(1996). 심폐바이패스의 원리와 실제. 서울 : 고려의학.

김종래 등(1996). 기초마취과학. 서울 : 아카데미아.

김학제 등(1992). 관상동맥우회술 32례의 임상적 고찰. 대한흉부외과학회지, 25(11), 1369-1375.

선경 등(1985). 박동류 및 비박동류에 의한 체외순환의 비교. 대한흉부외과학회지, 18(2), 182-192.

이동준(1984). 박동성 체외순환이 신장기능에 미치는 영향. 전남의대잡지, 21(2), 299-306.

이정렬, 박신애(1996). 역학과 건강증진. 서울 : 수문사.

조건현 등(1993). 관상동맥우회술후 합병증과 사망률에 대한 임상적 고찰 : 61례 보고. 대한 흉부외과 학회지, 26, 526-531.

Abel, R. M. et al (1976). Etiology, Incidence, and Prognosis of Renal Failure Following Cardiac Operation. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery*, 71, 323-333.

American Society of Extra-corporeal Technology(2000). Perfusion Scope of Practice. *The Journal of Extra-Corporeal Technology*, 32(1), 58-59.

Alston, R. P., Murray, L., & McLaren, A. D.(1990). Changes in Hemodynamic Variables during Hypothermic Cardiopulmonary Bypass. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery*, 100, 134-144.

Angell-James, J. E., & de Burgh, D. M.(1971). Effects of Graded Pulsatile Pressure on the Reflex Vasomotor Responses Elicited by Changes of Mean pressure in the Perfused Carotid Sinus-Aortic Arch Regions of the Dog. *Journal of Physiology*, 214, 51-64.

Arrow International INC.(1988). *Arrow Cardiac Output with Hemodynamic Profile Operational Manual*. Pennsylvania : Arrow international INC.

Badner, N. H., & Doyle, J. A.(1997). Comparison of Pulsatile verse Nonpulsatile Perfusion on the Postcardiopulmonary Bypass Aortic-Radial Artery Pressure Gradient. *Journal of Cardiothoracic and Vascular anesthesia,* 11(4), 428-431.

Bert, A. A.(1998). Systemic Effects of Normothermic Cardiopulmonary Bypass. *Artificial Organs,* 22(1), 77-81.

Bert, A. A., & Singh, A. K.(1993). Right Ventricular Function after Normothermic verse Hypothermic Cardiopulmonary Bypass. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery,* 106, 988-996.

Bhat, J. G. et al.(1976). Renal Failure after Open Heart Surgery. *The Annals of Internal Medicine,* 84, 677-682.

Boucher, J. K., Rudy, L. W., & Edmund, L. Jr.(1974). Organ Blood Flow during Pulsatile Cardiopulmonary Bypass. *Journal Applied Physiology,* 36, 86-90.

Bregman, D. et al.(1977). A Pulsatile Asist Device(PAD) for Use during Cardiopulmonary Bypass. *The Annals of Thoracic Surgery,* 24, 574-581.

Buckberg, G. D. et al.(1971). Experimental Subendocardial Ischemia during Left Ventricular Hypertention. *Surgery Forum,* 22, 124-127.

Burton, A. C.(1954). Relation of Structure to Function of the Tissues of the Wall of Blood Vessels. *Physiology Review,* 34, 619-642.

Casthely, P. A., & Bregman, D.(1991). *Cardiopulmonary Bypass: Physiology, Related Complications, and Pharmacology*. New York : Futura.

Christenson, J. T. et al.(1995). Normothermic verse Hypothermic Perfusion during Primary Coronary Artery Bypass Grafting. *Cardiovascular surgery, 3(5),* 519-524.

Clark, C. P., Kahn, D. R., & Dutek, J. H.(1968). The Effect of Nonpulsatile Blood Flow on Cardiac Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery,* 6, 450-457.

Constatin, M.(1978). Pulse or Not Pulse. *The Annals of Thoracic Surgery,* 25(3), 259-271.

Dalton, M. C., Soroff, H. S., & Birtwell, W. L.(1968). The Physiologic Role of Pulsatile and Nonpulsatile Blood Flow. *Arch Surgery,* 97, 917-923.

de Jong, JCF. et al.(1980). Hematologic Aspects of Cardiotomy Suction in Cardiac Operations. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery,* 79, 227-236.

Dunn, F., Kirsh, M. M., & Harness, J.(1974). Hemodynamic, Metabolic, and Hematologic Effects of Pulsatile Cardiopulmonary Bypass. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery,* 68, 138-147.

Engelman, R. M. et al.(1983). Mechanism of Plasma Catecholamine Increases during Coronary Artery Bypass and Valve Procedures. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery,* 86, 608-615.

Estafannous, F. G.(1973). Systemic Hypertention following Myocardial Revascularization. *American Heart Journal,* 85, 732-738.

Estafannous, F. G., & Tarazi, R. C.(1980). Systemic Arterial Hypertension Associated with Cardiac Surgery. *American Journal of Cardiology,* 46, 685-693.

Feddenerson, K. et al.(1985). Effects of Cardiopulmonary Bypass and Prostacyclin on Plasma Catecholamines, Angiotensin II and Arginine - Vasopressin. *Acta Anesthesiol Scandinavica,* 29, 224-230.

Frank, S. M. et al.(1995). The Cathcholamine, Cortisol, and Hemodynamic Resonses to Mild Perioperative Hypothermia. *Anesthesiology,* 82(1), 83-93.

Frater, R. W. M. et al.(1980). Pulsatile Cardiopulmonary Bypass : Failure to Influence Hemodynamics or Hormones. *Circulation,* 62(1), 19-25.

Gailiunas, P. Jr. et al.(1980). Acute Renal Failure following Cardiac Operations. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery*, 79, 241-243.

German, F. G. et al.(1972). Comparison of Nonpulsatile and Pulsatile Extracorporeal Circulation on Renal Tissue Perfusion. *Chest,* 61, 65-69.

Goodman, T. A. et al.(1976). The Effects of Pulseless Perfusion on the Distribution of Renal Cortical Blood Flow and on Renin Release. *Surgery,* 80, 31-39.

Gravlee, G. P., Davis, R. F., & Utley, J. R.(1993). *Cardiopulmonary Bypass : Principles and Practice.* Baltimore : Williams & Wilkins.

Hickey, P. R., Buckley, M. J., & Philbin, D. M.(1983). Pulsatile and Nonpulsatile Cardiopulmonary Bypass : Review of a Counterproductive Contraversy. *The Annals of Thoracic Surgery,* 36(6), 720-737.

Hilberman, M. et al.(1979). Acute Renal Failure following Cardiac Surgery. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery,* 77, 880-888.

Jacob, L.A. et al.(1969). Improved Organ Function during Cardiac Bypass with a Roller Pump Mediated to Pulsatile Flow. *The Journal of Thoracic Cardiovasular Surgery,* 58, 703-712.

Kaul, T. K. et al.(1990). Vasoactive Pressure Hormones during and after Cardiopulmonary Bypass. *Interational Journal of Artifical Organs,* 13, 293-299.

Koning, H. M., Koning, A. J., & Leusink, J. A.(1985). Serious Acute Renal Failure following Open Heart Surgery. *Thoracic Cardiovascular Surgery, 33,* 283-287.

Koning, H. M., & Leusink, J. A.(1990). Renal Funtion after Open Heart Surgery. In: Bihari, D., Neild, G. eds. *Acute Renal Failure in the Intensive Therapy Unit.* Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag. 223-233.

Landymore, R. W. et al.(1979). Dose Pulsatile Flow Influence the Incidence of Postoperative Hypertension?. *The Annals of Thoracic Surgery,* 28(3), 261-268.

Lange, H. W., Aeppli, D. M., & Brown, D. C.(1987). Survival of Patients with Acute Renal Failure Requiring Dialysis after Open Heart Surgery : Early Prognostic Indicators. *American Heart Journal,* 113, 1138-1143.

Levine, F. H. et al.(1981). Plasma Vasopressin Levels and Urinary Sodium Excretion during Cardiopulmonary Bypass with and without Pulsatile Flow. *The Annals of Thoracic Surgery,* 32(1), 63-67.

Louagie, Y. A. et al.(1992). Dose Flow Character of Cardiopulmonary Bypass Make a Difference?. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery,* 104(6), 1628-1638.

Maddoux, G. et al.(1976). Effect of Pulsatile and Nonpulsatile Flow during Cardiopulmonary Bypass on Left Ventricular Ejection Fraction : Early Aortocoronary Bypass Surgery. *American Journal of Cardiology,* 37, 1000-1006.

Mandelbaum, I., & Burns W. H.(1965). Pulsatile and Nonpulsatile Flow. *Journal of the American Medical Association,* 191, 657-660.

Mavroudis, C.(1978). Pulse or Not Pulse. *The Annals of Thoracic Surgery,* 25(3), 259-271.

Minami, K. et al.(1990). Effect of Pulsatile Perfusion on Plasma Catecholamine Levels and Hemodynamics during and after Cardiac Operations with Cardiopulmonary Bypass. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery, 99,* 82-91.

Minami, K., Vyska, K., & Korfer, R.(1992). Role of the Carotid Sinus in Response of Integrated Venous System to Pulsatile and Nonpulsatile Perfusion. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery,* 104(6), 1639-1649.

Mora, C. T.(1995). *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*. New york : Springer.

Mora, C. M.(2000). Renal Dysfunction/Failure Following CPB. *Proceeding of the fifth Annual Update on Cardiopulmonary Bypass Symposium*. Society of Cardiovascular Anesthesiologists.

Mori, A. et al.(1988). Regional Blood Flow in the Liver, Pancreas and Kidney during Pulsatile and Nonpulsatile Perfusion under Profound Hypothermia. *Japanese Circulation Journal*, 52, 219-227.

Murkin, J. M. et al.(1995) The Incidence of Perfusion Technique and pH Management Strategy in 316 Patients undergoing Coronary Artery Bypass Surgery : I. Mortality and Cardiovascular Morbidity. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery*, 110(2), 340-348.

Myers, B. D., & Moran, M. S.(1986). Hemodynamically Mediated Acute Renal Failure. *New England Journal of Medicine*, 314, 97-105.

Nakayama, K., Tamiya, T., & Yamamoto, K.(1963). High Amplitude Pulsatile Pump in Extracorporeal Circulation with Partial Reference to Hemodynamic. *Surgery*, 54, 798-809.

Olinger G. N., Hutchinson, L. D., & Bonchek, L. I.(1983). Pulsatile Cardiopulmonary Bypass for Patient with Renal Insufficiency. *Thorax*, 38, 543-550.

Onoe, M. et al.(1994). The Effect of Pulsatile Perfusion on Cerebral Blood Flow during Profound Hypothermia with Total Circulatory Arrest. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery*, 108, 119-125.

Paquet, K.J.(1969). Hemodynamic Studies on Normothermic Perfusion of the Isolated Pig Kidney with Pulsatile and Nonpulsatile Flow. *The Journal of Cardiovascular surgery*, 10(1), 45-53.

Parsons, R. M., & McMaster, P. D.(1983). The Effects of the Pulse upon the Formation and Flow of Lymph. *Journal Experimental Medicine*, 68, 353-376.

Philbin, D. W.(1993). Pulsatile Blood flow. In: *Cardiopulmonary Bypass : Principles and Practice.*: Gravlee, G. P., Davis, R. F., & Utley, J. R. eds, Baltimore : Williams & Wilkins, 323-337.

Philbin, D. M. et al.(1981). Attenuation of The Stress Response to Cardiopulmonary Bypass by the Addition of Pulsatile Flow. *Circulation, 64,* 808-812.

Rasmussen, H. H., & Ibels, L. S.(1982). Acute Renal Failure : Multivariate Analysis of Causes and Risk Factors. *American Journal of Medicine,* 73, 211-218.

Prinz, P. N., et al.(1984). Plasma Norepinephrine in Normal Young and Aged Men : Relarionship with Sleep. *Journal of Gerontology*, 39(5), 561-567.

Reed, H. L., et al.(1989). Alterations in Sympathetic Nervous System Activity with Intraoperative Hypothermia during Coronary Artery Bypass Surgery. *Chest,* 95(3), 616-622.

Reich, D. L. et al.(1999). Intraoperative Hemodynamic Predictors of Mortality, Stroke, and Myocardial Infarction after Coronary Artery Bypass Surgery. *Cardiovascular Anesthesia,* 89, 814-822.

Roques, F. et al.(1999). Risk Factors and Outcome in European Cardiac Surgery : Analysis of the Euro SCORE Multianational Database of 19030 Patients. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery,* 15, 816-823.

Sanderson, J., Wright, G., & Sims, E. W.(1972). Brain Damage in Dogs Immediately Following Pulsatile and Nonpulsatile Blood Flow in Extrcorporeal Circulation. *Thorax,* 27, 275-286.

Selkurt, E.(1951). Effect of Pulse Pressure and Mean Arterial Pressure Modification on Renal Hemodynamics and Electrolyte and Water Excretion. *Circulation,* 4, 541-551.

Shepard ,R. B., Simpson, D. C., & Sharp, J.(1966). Energy Equivalent Pressure. *Arch Surgery,* 93, 730-740.

Shepard, R. B, & Kirklin, J. W.(1969). Relation of Flow to Oxygen Consumption and Other Variables during Cardiopulmonary Bypass. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery*, 58, 694-702.

Shinn, J. A.(1992). Management of a Patient undergoing Myocardial Revascularization : Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Nursing Clinics of North America,* 27(1), 243-255.

Silistreli, E. et al.(1999). Effects on the Endocrine System of Pulsatile and Nonpulsatile Perfusion in Heart Surgery. *Asian Cardiovascular & Thoracic Annals,* 7(1), 18-22.

Song, Z., Wang, C., & Stammers, A. H.(1997). Clincal Comparison of Pulastile and Nonpulsatile during Cardiopulmonary Bypass. *The American Society of Extra-Corporeal Technology*, 29(4), 170-175.

Stinson, E. B. et al.(1977). Control of Myocardial Performance Early after Open Heart Operation by Vasodilator Treatment. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery,* 73, 523-530.

Taylor, K. M.(1986). *Cardiopulmonary Bypass : Principles and Management*. Baltimore : Williams & Wilkins.

Taylor, K. M. et al.(1976). The Cortisol Response During Heart - Lung Bypass. *Circulation,* 54, 20-25.

Taylor, K. M. et al.(1978a). Comparative Studies of Pulsatile and Nonpulsatile Flow during Cardiopulmonary Bypass : Ⅰ. Pulsatile System Employed and Its Hematological Effects. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery,* 75(4), 569-573.

Taylor, K. M. et al.(1978b). Comparative Studies of Pulsatile and Nonpulsatile Flow during Cardiopulmonary Bypass : Ⅱ. The Effects on Adrenal Secreation of Cortisol. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery, 75(4),* 574-578.

Undar, A., Fraizer, O. H., & Fraser, C. D.(1999). Defining Pulsatile Perfusion : Quantification in Terms of Energy Equivalent Pressure. *Artificial Organs*, 23(8), 712-716.

Wallach, R. et al.(1980). Pathogenesis of Paraxysmal Hypertension Developing during and after Coronary Bypass Surgery : A Study of Hemodynamic and Humoral Factors. *American Journal of Cardiology*, 46, 559-565.

Watarida, S. et al.(1994). A Clinical Study on the Effects of Pulsatile Cardiopulmonary Bypass on the Blood Endotoxin Levels. *The Journal of Thoracic Cardiovascular surgery*, 108, 620-625.

Wright, G.(1988). The Hydraulic Power Outputs of Pulsatile and Nonpulsatile Cardiopulmonary Bypass Pumps. *Perfusion*, 3, 251-262.

Wright, G.(1994). Hemodynamic Analysis Could Resolve the Pulsatile Blood Flow Contraversy. *The Annals of Thoracic Surgery*, 58, 1199-1204.

Wright, G., & Sanderson, J. M.(1972). Brain Damage and Mortality in Dogs following Pulsatile and Nonpulsatile Blood Flows in Extracorporeal Circulation. *Thorax*, 27, 738-747.

Wesolowski, S. A., Sauvage, L. R., & Pinc, R. D.(1955). Extracorporeal Circulation : Role of Pulse in Mainteinance of Systemic Circulation during Heart- Lung Bypass. *Surgery*, 37, 663-682.

Yeboah, T. J. et al.(1972). Acute Renal Failure and Open Heart Surgery. *British Medical Journal*, 1, 415-418.

Zanardo, G. et al.(1994). Acute Renal Failure in the Patient undergoing Cardiac Operation: Prevalence, Mortality rate, and Main Risk Factors. *The jouranl of Thoracic Cardiovascular surgery*, 107(6), 1489-1495.

ABSTRACT

A Comparative Study of Nonpulsatile and Pulsatile Perfusion on Hemodynamics and Kidney Function during and after Cardiopulmonary Bypass

- Centered on the patients with coronary artery bypass grafting -

Lee, Hyun Wha
Dept. of Nursing
The Graduate School
Yonsei University

The purpose of this study was to compare nonpulsatile perfusion with pulsatile perfusion on hemodynamics and kidney function during and afte cardiopulmonary bypass(CPB) in the patients undergo coronary artery bypass grafting(CABG).

This study was a nonequivalent control group pretest- posttest design with nonpulsatile perfusion group(NP) and pulsatile perfusion group(PP).

The subjects of this study were 20 patients who were received CABG at Y University Cardiovascular Center in Seoul from March 30, 2000 to May 30, 2000 and were selected using selection criteria. The subjects were allocated to nonpulsatile or pulsatile group by a matching method.

Hemodynamic data were measured at pre induction, post induction, immediately after aorta cross clamp on(ACC on), 60minutes after the start of CPB(CPB 60'), after the closure of sternum, on arrival at ICU, and post operative day 1(POD 1). Hemodynamic variables were composed of mean

arterial pressure, peripheral vascular resistance, plasma catecholamine(epinephrine, norepinephrine), dosage of vasodilator(Nitroprusside), and cardiac index. Kidney function variables were urine output, serum BUN and creatinine and were measured only at pre CPB, during CPB, post CPB, and POD 1.

The collected data were analyzed using the SPSS-PC.

The results are summarized as follows.

1. In both groups, mean arterial pressures were decreased significantly at ACC on but progressively were increased at CPB 60', after the clousure of sternum and on arrival at ICU. On POD 1, mean arterial pressures were decreased in both groups. Comparing with two groups, mean arterial pressure was significantly higher in NP than PP, 72.8±13mmHg versus 61.3±6.6mmHg, $p < .05$ at CPB 60'. There was no statistical difference in both groups at the other stages.

2. Peripheral vascular resistances were decreased significantly at ACC on but increased at CPB 60', after the clousure of sternum and on arrival at ICU in two groups. Peripheral vascular resistances in two groups were decreased to the normal range on POD 1. No significant difference was detected in peripheral vascular resistance between two groups.

3. In both groups, plasma epinephrines were increased significantly at ACC on. The maximum plasma epinephrine levels were detected at CPB 60'. After the clousure of sternum, plasma epinephrines were decreased in both groups. No significant difference was found plasma epinephrine between two groups.

4. Plasma norepinephrines were increased significantly at ACC on and CPB 60'. After the clousure of sternum, plasma epinephrine was decreased in NP but increased in PP. Plasma norepinephrine was significantly higher in NP than in PP at ACC on and CPB 60' and it was statistically significant.

5. The dosage of vasodilator(Nitroprusside) was increased significantly higher in NP than in PP ($p < .05$).

6. In both groups, cardiac indices were decreased after induction but increased significantly on POD 1. No significant difference was found in cardiac index between two groups.

7. In both groups, urine outputs were increased significantly during CPB but decreased at post CPB. On POD 1, urine outputs were decreased significantly in both groups. Urine output was higher in NP than in PP during CPB but was higher in PP than in NP at post CPB. But no significant difference was detected in urine output between two groups.

8. In both groups, serum BUNs were decreased significantly at post CPB. On POD 1, serum BUN was increased in NP but was decreased in PP. Serum BUN was higher in NP than in PP at pre CPB but was higher in PP than in NP at post CPB and POD 1. But no significant difference was detected in serum BUN between two groups.

9. At post CPB, serum creatinine was increased in NP but was decreased significantly in PP. On POD 1, serum creatinine was decreased at the level of pre CPB in NP but was maintained at level of post CPB in PP. There was no significant difference in both groups.

In conclusion, it was suggested that pulsatile perfusion, compared with nonpulsatile perfusion, can attenuate hemodynamic changes by decreasing release of plasma norepinephrine, peripheral vascular resistance, mean arterial pressure and dosage of vasodilator during cardiopulmonary bypass. Also pulsatile can prevent renal dysfunction by increasing urine output and decreasing serum BUN and serum creatinine after cardiopulmonary bypass.

Key words : cardiopulmonary bypass, nonpulsatile perfusion, pulsatile perfusion, hemodynamics, kidney funcion